

**Міністерство освіти та науки України
Миколаївський національний аграрний
університет**

Чорний С.Г.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Навчальний посібник

Миколаїв 2018

УДК: 631.6.02+631.481

Друкується за рішенням вченої ради Миколаївського національного аграрного університету від 27 березня 2018 р. Протокол № 7.

Рецензенти

А.Д. Балаєв	Член-кор. НААНУ, д-р с.-г. наук, професор, завідувач кафедри ґрунтознавства та охорони ґрунтів ім. проф. М.К.Шукули Національного університету біоресурсів і природокористування України.
Ю.М. Дмитрук	Д-р біол. наук, професор, завідувач кафедри ґрунтознавства Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича.
М.І. Федорчук	Д-р с.-г. наук, професор, професор кафедри рослинництва та садово-паркового господарства Миколаївського національного аграрного університету.

Чорний С.Г.

Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник/С.Г.Чорний. – Миколаїв: МНАУ, 2018. – 233 с.

ISBN 987-654-321-012-3

У посібнику розглянуто широке коло питань оцінки якості ґрунтів. Визначені основні критерії оцінки, розглянуті головні підходи до комплексної оцінки якості ґрунтів. Висвітлений зв'язок між якістю ґрунту та вартістю земельних ділянок при нормативній та експертній оцінці земель.

Для пошукачів вищої освіти навчальних закладів III-IV рівнів акредитації напряму підготовки 201 «Агрономія», освітнього ступеня «магістр» та провідних фахівців в галузі ґрунтознавства та охорони ґрунтів.

УДК: 631.6.02+631.481

ISBN 987-654-321-012-3

© Миколаївський національний аграрний університет, 2018

© Чорний С.Г., 2018

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ДЕФІНІЦІЇ	9
2. АГРОНОМІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ	16
2.1 Морфологічні показники	16
2.2 Агрофізичні показники	20
2.3 Хімічні та агрохімічні показники	34
2.4 Фізико-хімічні показники	57
3. САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ	68
3.1 Деякі властивості ґрунтів та поведінка забруднюючих речовин у ґрунті	68
3.2 Хімічне забруднення та його нормування. Забруднення важкими металами	74
3.3 Забруднення ґрунту радіонуклідами	82
3.4 Забруднення ґрунтів пестицидами	88
3.5 Вплив кислотних опадів на ґрунт	96
3.6 Нормування вмісту у ґрунті важких металів, радіонуклідів та залишків пестицидів	97
3.6 Біологічне забруднення	104
4. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ	109
4.1 Комплексна оцінка якості ґрунтів: коротка історія	109
4.2 Індекси родючості: існуючі підходи	111
4.3 Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів	124
4.4 Бонітування ґрунтів	138
5. ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТУ В ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ	157
5.1 Оцінка якості ґрунтів в США	157

5.2	Оцінка якості ґрунтів в країнах Європи	174
5.3	Оцінка якості ґрунтів в інших країнах світу	186
6.	ЯКІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ГРОШОВА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	188
6.1	Економічна оцінка земель	188
6.2	Нормативна оцінка земель	194
6.3	Експертна оцінка земель	201
	СПИСОК ПОСИЛАНЬ	217

ВСТУП

Ґрунт, хоча і є досить малопотужним утворенням на поверхні літосфери, проте виконує багато важливих функцій для людей та біосфери. Він є джерелом поживних речовин та води для сільськогосподарських рослин, місцем, де відбувається багато важливих біологічних процесів, зокрема розклад рослинних і тваринних решток. Ґрунти впливають на якість повітря та стан поверхневих вод через взаємодію з атмосферою та гідросферою.

Важливість ґрунту для людства очевидна, вона визначена і текстами, які дійшли до нас від стародавніх цивілізацій, і сучасним фундаментальними документами, такими як декларації ООН та конституцій окремих країн, зокрема і Конституцією України.

Треба зазначити, що чисельність людства безперервно зростає зі швидкістю приблизно один мільярд на десятиліття. Поточний рівень виробництва сільськогосподарської продукції не може в достатній кількості задовольнити потребу в їжі. Можливості екстенсивного розширення виробництва шляхом експлуатації нових земель вичерпана. Окрім того, внаслідок урбанізації необроблювальні землі використовуються для розвитку населених пунктів. Розрахунки експертів з ФАО показують, що для вирішення світової продовольчої проблеми необхідно безперервне зростання урожайності основних сільськогосподарських культур у найближчі 30 років для пшениці та рису на 1,2 % щорічно, кукурудзи на 1,5 % щорічно, цукрового буряка та цукрової тростини на 1,8 % щорічно.

Одночасно, при загальному дефіциті земельних ресурсів, через хронічні помилки в управлінні процесами виробництва сільськогосподарської продукції, площі деградованих внаслідок ерозії, засолення і заболочування земель сільськогосподарського призначення зростають зі швидкістю приблизно 10 млн га за рік. В Україні неякісне керування сільськогосподарським виробництвом привело до того, що кожний рік внаслідок ерозії кількість еродованих земель в Україні збільшується на

80-90 тис гектарів. За даними Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», приблизно 40 % площі орних земель України переущільнені, 20-25 % площі земель сільськогосподарського призначення підлягають водної та вітрової ерозії, 20 % всіх ґрунтів в Україні забруднені, 17,7 % – підкислені, 3,7 % – підлужені та 2,8 % засолені (Балюк та ін., 2012).

Щоб забезпечити якісне управління процесами експлуатації ґрунтових ресурсів необхідні нові інструменти для оцінки його ефективності. А тому вкрай необхідне точне визначення поняття «*якість ґрунту*» та розробка системи критеріїв, які його визначають.

В 70-90-ті роки ХХ століття під якістю ґрунту розумілись лише параметри його родючості, які забезпечують сільськогосподарську рослину водою, повітрям і поживними речовинами. З часом, коли була розроблена більш детальна концепція *функцій ґрунту*, то під терміном «якість ґрунту» розумілася не тільки видатна його роль у забезпеченні нормального функціонування рослинницької галузі економіки, але й підтримка повноцінного функціонування природних та антропогенних екосистем та виконання певних соціальних послуг.

Саме на засадах нової концепції якості ґрунту в розвинених країнах світу (США, країни ЄС) були створені вже в ХХІ столітті нові системи моніторингу ґрунтів, куди входили не тільки спостереження за вмістом поживних речовин, а й показники фізичних та фізико-хімічних властивостей, тобто тих індикаторів, які забезпечують формування урожаю сільськогосподарських культур. В нову систему спостережень за станом ґрунтів були включені параметри, які показують на можливість реалізації ґрунтом своїх соціальних та екосистемних функцій, зокрема, індикатори стану біоти ґрунту. А, отже, така система моніторингу стала забезпечувати інформацією про ґрунти не тільки виробників сільськогосподарської продукції, а й управлінців, які переймаються станом ґрунтів на несільськогосподарських землях (промислових, під громадською забудовою,

рекреаційних, природоохоронних земель тощо). Кількісне і якісне розширення індикаторів якості ґрунту в США та країнах ЄС призвело до виникнення нових проблем, пов'язаних з методиками визначення цих параметрів, приладного забезпечення спостережень, кваліфікації персоналу тощо. Але ці проблеми поступово вирішуються.

Концепція якості ґрунту може існувати і мати практичне значення лише у тому випадку, коли існує деяке еталонне значення параметру, що описує якусь важливу фізичну, хімічну або біологічну властивість ґрунту. Тільки порівняння з еталоном допоможе зробити висновок про наявну направленість ґрунтового процесу, про покращення або погіршення стану ґрунту, про можливі управлінські рішення щодо виправлення ситуації. Але пошук еталонів ускладнюється тим, що ґрунт є просторово неоднорідним ресурсом, для якого важко встановити однозначні стандарти якості, чи еталон. Особливо це стосується виробничої якості ґрунту, коли еталон повинен співвідноситися з вимогами окремих сільськогосподарських культур до ґрунтових параметрів. Враховуючи широкий перелік сільськогосподарських культур та строкатість ґрунтового покриття, нормування індикаторів якості ґрунту стає непересічним завданням для науковців.

Отже, концепція «якості ґрунту», особливо розширена її дефініція, яка включає не лише виробничі функції ґрунту, а й екологічні та соціальні складові, є ефективним інструментом оцінювання якості управлінських процедур і охоплює всі сторони процесу вивчення ґрунтового покриття, оцінки ступеню деградації ґрунту, організації систем моніторингу та технічного забезпечення спостережень.

На наш погляд, такі підходи повинні змінити роль ґрунтознавства в системах агрономічної та природничої освіти. Зараз ґрунтознавство викладається як фундаментальна наука, яка практично не має прикладних аспектів. А між тим, не зважаючи на стрімкий розвиток біології, генної інженерії, селекції, що привело до появи високоврожайних сортів,

залишається залежність росту і розвитку сільськогосподарських рослин від ґрунтових умов.

Розроблений в Миколаївському НАУ курс «Якість ґрунтів» для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» спеціальності 201 – «Агрономія», направлений на вивчення прикладних аспектів ґрунтознавства, пов'язаних з визначенням функцій ґрунту взагалі та виробничої функції зокрема. Визначення конкретних ґрунтових умов вирощування сільськогосподарських культур, порівняння їх з еталонними значеннями, вивчення процедур нормування ґрунтових факторів вирощування сільськогосподарських культур викладається достатньо детально. В курсі «Якість ґрунтів» розглянута також процедура паспортизації земель сільськогосподарського призначення, комплексне оцінювання родючості через індекси родючості та бонітування ґрунтів й земель. Окремо розглядаються питання оцінки якості ґрунтів при економічній, нормативній та експертній оцінці земель.

Автор має надію, що цей навчальний посібник посприє розвитку певних напрямків агрономічної освіти, ролі в ній науки про ґрунти і буде цікавим і корисним не тільки здобувачам вищої освіти, а і менеджерам різного рівня, які приймають управлінські рішення, пов'язані з експлуатацією ґрунтів, їх охороною та раціональним використанням.

Всі пропозиції щодо наукового та освітнього розвитку цього напрямку, можливі зауваження щодо структури посібника та висвітлення окремих питань можна прислати електронною поштою на наступну адресу: s.g.chorny@ gmail.com.

Автор дякує рецензентам цього посібника, які надали автору цінні зауваження та пропозиції. Велику допомогу автору у роботі над текстом посібника надали працівниці Миколаївського НАУ Єр'оміна В.В. та Ткаченко Д.В.

1.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ДЕФІНІЦІЇ

Якість як філософська категорія

У філософії *якість* є атрибутом або властивістю певного об'єкта або явища. Якість виражає певну сукупність істотних ознак, особливостей і властивостей, які відрізняють один предмет або явище від інших і надають йому однозначну визначеність. Водночас існує, як визначив ще Аристотель, певний суб'єктивізм у визначенні якості предмету або явища. Аристотель зазначав, що «одна і та сама субстанція, зберігаючи свою ідентичність, здатна допускати протилежні якості». З позицій емпіризму Джон Локк стверджував, що поняття якості можна розділити на два види: первинні та вторинні якості. Первинні властивості є об'єктивними і притаманними тільки конкретному об'єкту, тоді як вторинні якості залежать від інтерпретації суб'єктом зовнішнього вигляду об'єкта або явища.

В сучасному розумінні якість предмета або явища, як правило, не зводиться до характеристик окремих його властивостей. Воно пов'язане з предметом як цілим, охоплює його повністю і невіддільне від нього. Тому поняття якості зв'язується з буттям предмета. Предмет не може, залишатись самим собою, втративши свою якість (Філософський словник, 1986).

Якість ґрунту. Визначення

Переходячи до визначення поняття «Якість ґрунту» треба зазначити, що цей термін повинен об'єктивно і найбільш повно характеризувати не окремі його властивості, а всі властивості, які забезпечують функціонування ґрунту як окремого природно-історичного тіла, як «поверхневого шару земної кори, перетвореного вивітрюванням і фізичними, хімічними та біологічними процесами, який складається із мінеральних часток, органічної речовини, води, повітря та живих організмів, організованих у генетичні ґрунтові горизонти» (ДСТУ ISO 11074-1, 2004).

А, отже, об'єктивно термін «якість ґрунту» повинен характеризувати всі властивості ґрунту, які забезпечують його повноцінне існування. Останнє проявляється в реалізації його функцій. Сучасні дослідження в галузі ґрунтознавства визначають п'ять головних функцій ґрунтів (Reports..., 2004; Blum, 2005; European..., 2006; Добровольский, Никитин, 2006):

- функція місцеперебування (місце для притулку і розмноження живих істот, і місце зберігання генного фонду і т.п.);
- інформаційна функція (джерело наукової, культурологічної та освітньої інформації, в т.ч. для агроекології, палеонтології, історії та релігії);
- виробнича функція (виробництво харчів, фуражу, сировини для промисловості, палива тощо);
- інженерна функція (місце для створення і знаходження інженерних об'єктів - будівель, доріг і т.п.);
- регулятивна (загальноекологічна) функція (участь в глобальних біогеохімічних циклах, в т.ч. управління складом атмосфери і потоками окремих хімічних елементів, регуляція поверхневого стоку і запасів вологи, управління кліматом, трансформація органічної речовини і т.п.).

З такого переліку функцій ґрунту витікає, що його виробнича функція є лише однією з п'яти. А тому визначення якості ґрунту, які підкреслюють лише його родючість, як єдина або як головна ознака якості не є, з позицій приведеного вище переліку функцій ґрунту, достатньо повними. Виходячи з цього переліку найбільш обґрунтованими виглядають наступні визначення поняття «якості ґрунту»:

- *«Якість ґрунту – це сукупність усіх наявних позитивних і негативних властивостей, пов'язаних з використанням ґрунтів і їхніми функціями»* - визначення за державним стандартом України (ДСТУ ISO 11074-1, 2004).

- *«Якість ґрунту є оцінкою тих властивостей ґрунту, які забезпечують реалізацію одної або більше функцій ґрунтів та (або) будь інших людських потреб або цілей»* – визначення Служби охорони природних ресурсів, Міністерства сільського господарства США (Soil Quality..., 2017).

- «Якість ґрунту це його здатність функціонувати в межах екосистем для підтримки біологічної продуктивності, збереження якості навколишнього середовища та сприяння здоров'ю рослин та тварин» - визначення Американського товариства ґрунтознавців (Allan et al, 1995).

- «Якість ґрунтів є оцінкою здатності ґрунту щодо виконання своїх функцій в забезпеченні екосистем та соціальних послуг в умовах мінливих зовнішніх умов»- визначення об'єднаного дослідницького центру Єврокомісії (European Commission's Joint Research Centre, 2017).

А отже «широке» визначення якості ґрунту, що витікає з констатації головних функцій, показує, наскільки добре ґрунт виконує функції підтримання біологічного різноманіття та продуктивності, розділення потоків води і розчинених речовин, фільтрації та кругообігу поживних речовин тощо.

Якість ґрунтів у контексті їх сільськогосподарського використання

Водночас, в українських реаліях, коли частка сільськогосподарських земель складає 70 % загального земельного фонду країни, а 79 % від сільськогосподарських угідь – це орні землі, соціально-економічні аспекти питання якості ґрунтів мають пріоритетні позиції. Якість ґрунту в межах сільськогосподарських земель повинна характеризуватися певним рівнем продуктивності та визначається *родючістю*, яка показує, в першу чергу, на здатність ґрунту забезпечити сільськогосподарські рослини поживними елементами та вологою.

В зв'язку з тим, що родючість ґрунту утворюється під дією природних і соціально-економічних факторів, родючість належить до розряду природних і економічних категорій. Вважається за необхідне виділити і використовувати у господарській діяльності дві категорії ґрунтової родючості: *природну* (потенціальну) та *ефективну*. Ґрунт, як природно-історичне тіло, володіє визначеною родючістю, яка називається природною. Вона є результатом

розвитку ґрунтотворних процесів, які призвели до утворення даного ґрунту як природного тіла, до якого не торкалась людська діяльність, тобто вона притаманна лише цілиним землям. Як тільки людина починає використовувати ґрунт з господарською метою, він стає засобом виробництва. Господарська діяльність (обробіток ґрунту, удобрення, меліорація тощо) впливає на розвиток і зміну родючості ґрунту. Родючість проявляється у величині врожаю культурних рослин. Цю категорію виділяють як ефективну родючість. Її рівень залежить не тільки від природної родючості ґрунту, але й від процесу і характеру агровикористання та культури землеробства. Це не нова категорія родючості, а та сама природна родючість, яка за допомогою штучних заходів набуває більш вищого ступеня розвитку. Штучний ступінь родючості і природна родючість пов'язані між собою і визначають урожайність сільськогосподарських культур.

Враховуючи різний характер використання та менеджменту сільськогосподарських угідь, різний набір сільськогосподарських культур, що вирощуються, вихідну природну строкатість ґрунтового покриву і його природну родючість, прямого кількісного однозначного визначення родючості не може існувати. А тому якість ґрунту, який використовується у сільськогосподарському виробництві є функцією його родючості, яку можна формалізувати через набір певних показників.

Аналіз вітчизняної літератури показує (ДСТУ 4288 «Якість ґрунту. Паспорт ґрунтів», 2004; ДСТУ 4362, «Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів», 2006; Медведев, Плиско, 2006 тощо), що можна виділити п'ять груп показників (індикаторів) якості ґрунтів, що використовуються в сільськогосподарському виробництві (показників родючості):

- *морфологічні* (потужність гумусового шару ґрунту та глибина залягання глейового горизонту);
- *фізичні* (показники гранулометричного складу, щільність ґрунту, параметри структури ґрунту, діапазон активної вологи);

- *хімічні та агрохімічні* (вміст гумусу, вміст макро- і мікроелементів живлення, вміст водорозчинних солей);
- *фізико-хімічні* (склад вв'язаних основ, ємність поглинання, реакція ґрунтового розчину);
- *санітарні* (показники хімічного та мікробіологічного забруднення).

Таке групування стосується переважно земель сільськогосподарського призначення і напряду пов'язане з впливами властивостей ґрунтів на продуктивність сільськогосподарських угідь, яка часто реалізується через урожайність сільськогосподарських культур.

В той же час, в західноєвропейській та американській літературі (Allan et, al, 1995; Doran, Parkin, 1996; Soil Quality..., 2017) фігурують ще і *біологічні* показники якості ґрунту (чисельність хробаків, вміст негуміфікованих органічних решток, параметри дихання ґрунту, ферментативна активність ґрунту тощо). Наявність біологічних показників якості ґрунтів та більш широкий спектр фізичних і хімічних індикаторів в американській та західноєвропейській практиці оцінки якості ґрунтів показує на менш утилітарний підхід до ґрунту, який є, як викладено вище, не тільки засобом виробництва, а й важливим компонентом природного та антропогенного ландшафту.

Якість земельної ділянки

Земельна ділянка («земля») – це частина земної поверхні з установленими межами, певним місцем розташування, природними властивостями, фізичними параметрами, правовим і господарським станом та іншими характеристиками (стаття 79 Земельного кодексу України). Треба мати на увазі, що *якість земельної ділянки* сільськогосподарського призначення визначається не лише родючістю ґрунтів, а і місцем її розташування, природними властивостями, правовим і господарським станом тощо.

Більш конкретна оцінка якості земель напряду пов'язана з цільовим призначенням земельної ділянки. Враховуючи, що Земельний кодекс України виділяє дев'ять категорій земель за цільовим призначенням – землі сільськогосподарського (1), лісогосподарського (2) призначення, житлових та громадських забудов (3), рекреаційного (4), оздоровчого (5), історико-культурного (6), природно-заповідного призначення (7), водного фонду (8) та землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони (9), то для кожної категорія і будуть свої критерії оцінки якості.

Наприклад, для земель сільськогосподарського та лісогосподарського призначення критеріями якості будуть показники ґрунтової родючості, клімату і мікроклімату, ступеня меліоративного перетворення (наявність зрошення, наприклад), якість транспортної інфраструктури, відстань до центрів переробки та продажу продукції тощо. Для земель природно-заповідного, рекреаційного, оздоровчого, історико-культурного значення важливим параметром якості буде географічне розташування, природні характеристики ділянки (рівень ґрунтових вод, рельєфні характеристики, стан природної рослинності тощо), та стан елементів інфраструктури, що примикають до ділянок. Для земель природно-заповідного, рекреаційного, оздоровчого та історико-культурного призначення та земель водного фонду важливим показником якості будуть санітарні параметри родючості земель, зокрема, ступінь забруднення важкими металами, радіонуклідами та пестицидами, наявності смітників тощо.

Важлива роль при оцінці якості земель належить правовому статусу ділянки. Наприклад, для визначення вартості конкретної ділянки земель сільськогосподарського призначення важливим є стан підприємства, яке володіє цією ділянкою. Сильно впливати на якість, а отже і вартість ділянки, будуть процедури реорганізації, банкрутства або ліквідації господарського товариства (підприємства), або фермерського господарства, яке є власником цієї земельної ділянки.

Детальні процедури оцінки якості, а, значить і вартості земельних ділянок, у тому числі і земельних ділянок сільськогосподарського призначення, розглядаються в спеціальних курсах грошової (нормативної і експертної) оцінки земель. Про те наголосимо, що і в нормативній, і в експертній оцінці земель сільськогосподарського призначення прямо або опосередковано оцінюється родючість ґрунту.

2. АГРОНОМІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

2.1. Морфологічні показники

Глибина кореневмісного (гумусованого) шару

Глибина (або грубизна) кореневмісного шару— найважливіший ґрунтово-агрономічний критерій, що характеризує придатність ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур. Для більшості ґрунтів України повним синонімом поняття «кореневмісний шар» є «гумусовий» горизонт, а тому потужність гумусованої частини ґрунту і є найбільш об'єктивним показником здатності коренів використовувати об'єм ґрунту для забезпечення надземної частини рослини водою та елементами живлення (Медведєв, Плиско, 2006).

У землеробській практиці завжди прагнули до створення глибокого кореневого шару зі сприятливими властивостями. Особливо важливе це питання для підзолистих ґрунтів з близько розташованим до поверхні (не глибше 20-25 см) ілювіальним горизонтом (як правило, з кислою реакцією ґрунтового розчину, значною щільністю, що унеможлиблює проникнення коренів). Значно сприятливішими виглядають чорноземні ґрунти, де обмежень росту коренів до значної глибини практично немає (Медведєв, Плиско, 2006).

Географія потужності кореневмісного шару в Україні пов'язана природними умовами ґрунтоутворення. Глибина кореневмісного шару мінімальна у Поліссі в дерново-підзолистих піщаних та глинисто-піщаних ґрунтах (приблизно 20 см). При переході у Лісостепову зону, зміні ґрунтоутворюючих порід і гранулометричного складу грубизна кореневмісного шару зростає. У лісостеповій зоні зустрічаються надпотужні ґрунти, грубизна кореневмісного шару у яких перевищує 120 см. Це не еродовані ґрунти Придніпровської низовини середньосуглинкового гранулометричного складу. Саме тут знаходяться ґрунти з найбільш високою

родючістю. На південь і південний схід від Лісостепу в зв'язку з аридизацією кліматичних умов, зростання частки глинистих та важко суглинкових ґрунтів глибина кореневого шару поступово зменшується (Медведєв, Плиско, 2006).

Важливим чинником, який впливає на потужність кореневмісного шару ґрунту є водна та вітрова ерозія. Під її дією утворюються короткопрофільні еродовані ґрунти: *слабоеродовані (дефльовані)*, на яких змито або видуто не більш, ніж половина горизонту Н; *середньо еродовані*, в яких горизонт Н змитий або видутий більш, ніж наполовину та приорується верхня частина ілювіального горизонту Н_р; *сильноеродовані*, в яких змитий або видутий частково горизонт Н_р; *дуже сильноеродовані*, в яких змитий або видутий горизонт Н_р і розорюється материнська порода Р.

Несприятливі зміни властивостей еродованих ґрунтів призводять до погіршення їх поживного режиму, зниження врожаю і його якості. Втрати врожаю при інших рівних умовах залежать від ступеня еродованості (змитості) ґрунту. Підраховано, що в середньому на слабо еродованих ґрунтах недобір врожаю становить 10-20 %, на середньо еродованих – 40-60 %, а на сильноеродованих – до 80 %. Точніші узагальнення для Степу і Лісостепу України показують (табл. 2.1), що недобір урожаю на змитих ґрунтах, крім усього, залежить ще й від ступеня зволоження ґрунтів. Зокрема, у степовій зоні, де на схилах частина дефіцитних опадів втрачаються зі стоком, на еродованих землях зменшення врожайності найбільш відчутно в порівнянні з Лісостепом (Справочник ..., 1990). Але треба відзначити, що різні культури неоднаково реагують на еродованість ґрунту. Так, урожай зернобобових культур на еродованих ґрунтах знижується лише на 10 %, тоді як кукурудзи до 60 %, а цукрових буряків до 80 %. Ясно, що бобові рослини (горох, соя, люцерна, еспарцет тощо) володіють симбіотичною азотфіксацією, слабкіше інших реагують на несприятливі властивості еродованих ґрунтів, зокрема, на нестачу рухомих форм азоту.

Таблиця 2.1 Залежність урожайності сільськогосподарських культур від еродованості ґрунтів, % від урожайності на нееродованих ґрунтах (Справочник..., 1990)

Сільськогосподарська культура	Степ			Лісостеп		
	слабо	середньо	сильно	слабо	середньо	сильно
Озима пшениця	90	74	62	86	63	44
Озиме жито	98	85	-	93	85	57
Яровий ячмінь	85	64	50	81	57	51
Овес	79	58	45	79	63	50
Горох	92	86	55	85	64	51
Кукурудза	82	60	44	77	49	27
Цукровий буряк	81	62	-	79	53	49
Сонячник	78	58	-	-	-	-
Еспарцет	89	85	83	-	84	77
Люцерна	92	84	78	-	83	79
Картопля	-	-	-	89	65	37
Конюшина	-	-	-	71	57	-

Потужність гумусованого шару фігурує у низці методик з бонітування ґрунтів. Наприклад, Соболев і Полянський (1965) вибрали крайні класи для цього критерію, а саме, > 65 см – найбільш сприятливі; <20 см – дуже погані умови. Відповідно сприятливі, задовільні і несприятливі умови для продуктивності культур формуються при потужності шару, що містить коріння у 65-51 см; 50-36 см і 35-20 см (Медведєв, Плиско, 2006).

В.В. Медведєв та І.В. Плиско (2006) запропонували наступну оціночну шкалу глибини кореневмісного шару для ґрунтів України: > 65 см - *найбільш сприятлива для використання у рільництві*; 65-51 см – *сприятлива для використання у рільництві*; 50-36 см *задовільна для використання у рільництві*; 35-20 – *несприятлива для використання у рільництві*; <20 см – *дуже несприятлива для використання у рільництві*.

Глибина глеєвого горизонту

З огляду на значне поширення в Західній та Північній Україні ґрунтів з проявом глеєвого процесу, здатного істотно впливати на їх продуктивність, необхідним показником якості ґрунтів в цих районах є *глибина глеєвого горизонту*.

Глеєвий процес розвивається, як відомо, у різних перезволожених, заболочених і болотних ґрунтах, де спостерігається невеликий доступ кисню. Глеєві горизонти утворюються в результаті *оглеєння* – складного комплексу процесів, переважно мікробіологічної та біохімічної природи, які включають відновлення мінеральних та органічних речовин з утворенням легкорухливих форм закису заліза, марганцю, алюмінію, що накопичуються в ґрунті; трансформацію гумінових кислот у фульвокислоти; підкислення реакції ґрунтового розчину з входженням у поглинальний комплекс двовалентного заліза, водню, алюмінію тощо; руйнування алюмосилікатів з утворенням вторинних глинистих мінералів.

В.В. Медведєв та І.В. Плиско (2006) розробили кількісну шкалу оцінки глибини глеєвого горизонту, дані якої використали в процедурах бонітування земель України. Зрозуміло, що найкращі ґрунти не мають ознак оглеєння у профілі (*найбільш сприятливі для використання в рільництві*). Дещо гіршим буде ґрунтовий профіль, в якого у нижній частині виникає оглеєння (*глеюваті ґрунти, сприятливі умови для використання у рільництві*). З цієї причини потужність кореневмісного шару скорочується і цінність ґрунту погіршується. Ще більш помітно погіршення агрономічних властивостей ґрунту у випадках, коли стійкі ознаки оглеєння піднімаються в гору за профілем, знаходяться в середині профілю в підорному шарі ґрунту, укорочуючи, таким чином, родючий об'єм ґрунту (*власне глеєві ґрунти, задовільні для використання у рільництві*). І, відповідно, ще гірші показники має ґрунт з ознаками оглеєння вже в орному шарі (*сильно поверхнево-оглеєні ґрунти, незадовільні для використання у рільництві*). Найгірші умови, з точки зору оглеєння ґрунту, будуть тоді, коли профіль ґрунту повністю заболочений (*заболочені ґрунти, дуже незадовільні умови для використання у рільництві*) (Медведєв, Плиско, 2006).

2.2. Агрофізичні показники

Гранулометричний склад ґрунту

Гранулометричний склад – базова характеристика ґрунту, яка залежить від ґрунтоутворюючої породи і визначає більшість фізико-хімічних, водно-фізичних і фізико-механічних властивостей. З ним пов'язані поглинальна здатність ґрунтів, вміст гумусу, насиченість ґрунту поживними речовинами, ефективність використання рослинами добрив тощо.

Ідентифікація та класифікація ґрунтів за гранулометричним складом наводиться згідно методики Н.А. Качинського (1958) за вмістом фізичної глини, тобто вмістом часток $< 0,01$ мм. Просторова зміна гранулометричного складу ґрунтів України від піщаного, глинисто-піщаного до суглинкового і глинистого відбувається з північного заходу (Західного Полісся) на південь та південний схід. Майже половину площі України займають важкі суглинки і глини, приблизно 28-30 % – середньо і легкосуглинкові, а 20-22 % – супіщані ґрунти.

Для визначення впливу параметрів гранулометричного складу на продуктивність сільськогосподарських культур можна використати оцінки Н.А. Качинського (1958) (табл. 2.2). Як видно з цієї таблиці для дерново-підзолистих ґрунтів найкращими є середні та легкі суглинки, а для лісостепових та степових ґрунтів – важкі суглинки та глинисті ґрунти. Оцінки Н.А. Качинського зроблені з урахуванням вірогідних запасів поживних речовин та впливів гранулометричного складу на водний, повітряний та тепловий режим цих ґрунтів. Згідно з оцінками фахівців ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», які узагальнені в державному стандарті (табл. 2.3), важко-, середньо- та легкосуглинкові ґрунти є оптимальним гранулометричним складом для більшості головних сільськогосподарських культур України.

З гранулометричним складом ґрунту безпосередньо пов'язаний такий важливий технологічний показник якості ґрунтів, як *питомий опір* при оранці. Це досить популярний показник, який широко використовується для

Таблиця 2.2. Вплив гранулометричного складу на продуктивність ґрунтів при вирощуванні зернових культур (з урахуванням запасів поживних речовин, водного, повітряного та теплового режимів) за десятибальною шкалою (Качинський, 1958)

Зона	Ґрунти	Оцінка гранулометричного складу*							
		Глинисті	Важкосуглинкові	Середньосуглинкові	Легкосуглинкові	Супіщані	Піщані мілкозернисті зв'язні	Піщані крупнозернисті пухкі	
Підзолиста	Підзолистоглеєві	4	6	8	10	8	5	3	
	Підзолисті	5	6	8	10	7	5	3	
	Дерновопідзолисті	6	7	10	8	6	4	2	
Сіра лісова	Для всіх ґрунтів	8	10	9	7	6	4	2	
Чорноземна	Чорноземи типові та звичайні	10	9	8	6	4	3	1	
	Чорноземи південні	9	10	8	7	5	3	1	
Каштанова	Темнокаштанові	8	10	9	7	6	3	1	

*1-2 – дуже несприятливі умови, 2-4 – несприятливі умови, 5-6 – задовільні умови, 7-8 – сприятливі умови; 9-10 – дуже сприятливі умови

Таблиця 2.3. Оптимальні параметри гранулометричного складу при вирощуванні окремих сільськогосподарських культур (ДСТУ 4362:2004)

Сільськогосподарська культура	Оптимальний гранулометричний склад
Озима пшениця	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Озиме жито	Середньосуглинковий, легкосуглинковий
Ярий ячмінь	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Овес	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Кукурудза на зерно	Легкоглинистий, важкосуглинковий, середньосуглинковий
Цукровий буряк	Важкосуглинковий, середньосуглинковий, легкосуглинковий
Соняшник	Важкосуглинковий, середньосуглинковий
Картопля	Середньосуглинковий, легкосуглинковий, супіщаний
Льон довгунець	Середньосуглинковий, легкосуглинковий

конструювання ґрунтообробної техніки та нормування технологічних

операцій, пов'язаних з обробкою ґрунтів. Згідно з оцінками (Медведев, 1988; Медведев, Лактионова, 2007) *оптимальні або найбільш сприятливі умови для обробітку ґрунту* є значення цього показника *менше ніж $0,46 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$* і притаманні *піщаним та супіщаним ґрунтам*. При обробці цих ґрунтів спостерігається мінімальні витрати пального, паливно-мастильних матеріалів і, відповідно, найбільша змінна продуктивність праці (Медведев, Лактионова, 2007). *Середні* що до сприятливості умов для обробітку є *супіщано-суглинкові ґрунти* із значенням питомого опору в $0,46\text{-}0,50 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$. *Середньо важкі умови для обробітку ґрунту* ($0,51\text{-}0,55 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$) притаманні *легкосуглинковим* різновидам ґрунтів. *Важкі умови для обробітку ґрунту* ($0,56\text{-}0,60 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$) – середньосуглинковим ґрунтам, а *дуже важкі умови для обробітку ґрунту* (*більше ніж $60 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$*) – важкосуглинковим та легко-, середньо- і важко глинистим ґрунтам. В останньому випадку використання таких ґрунтів вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на пальне та паливно-мастильні матеріали.

Щільність ґрунту

Щільність ґрунту (об'ємна маса, щільність складання сухого ґрунту, щільність будови ґрунту) є одним з найважливіших фізичних характеристик його родючості.

Щільність ґрунту в ґрунтових горизонтах або шарах залежить від гранулометричного складу, вмісту гумусу, агрегованості ґрунтів, від щільності складення агрегатів і характеру їх упакування. Це дуже динамічна і водночас інформативна величина, яка дає уявлення про співвідношення твердої частини і пустот у ґрунті. Щільність ґрунту широко використовують як при ґрунтово-генетичних дослідженнях, так і для агротехнічної та ґрунтово-меліоративної оцінки ґрунтів. Ця величина необхідна також для розрахунку запасів у шарі ґрунту води, солей, гумусу та поживних елементів.

Як правило, щільність ґрунту вниз за профілем зростає. Це пов'язано з тиском вище розміщеної товщі ґрунту на нижні шари. Однак іноді ця

тенденція порушується появою ґрунтів з підвищеною або зниженою щільністю, що може бути наслідком як особливостей ґрунтоутворюючого процесу (ілювіальні та елювіальний горизонти), так і неоднорідності вихідної породи. Діапазон змін щільності різних мінеральних ґрунтів України знаходиться в межах 0,90-1,80 г/см³. Для верхніх шарів орних культурних ґрунтів характерна щільність 1,05-1,20 г/см³ (В.В. Медведєв і др., 2004).

В Україні найбільш сприятливі умови щільності складання для формування, відповідно, найбільш якісних ґрунтів, відзначаються в Лісостепу і Степу. Лише дуже короткий час, безпосередньо після проведення передпосівного обробітку і посіву щільність складання у самому верхньому ґрунті може бути менше, ніж 1,1 г/см³, що несприятливо для водно-повітряного режиму ґрунтів. Решта періоду вегетація сільськогосподарських культур відбувається тут в оптимальних щодо щільності умовах (1,10-1,30 г/см³), якщо, звичайно, під час вегетації культур і збирання врожаю не зловживають проходами важкої техніки. На південь і південний схід і, особливо, на північ і північний захід від цієї зони рівноважна щільність у силу різних причин збільшується – значну площу займають ґрунти з високою щільністю (1,51-1,80 г/см³). Це дерново-підзолисті й дернові піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти, збіднені на органічну речовину. Однак, на штучно окультурених варіантах таких ґрунтів, де вносяться великі норми органічних добрив і меліорантів, використовуються бобові трави та практикуються оптимальні технології обробітку, можливе зменшення щільності до оптимальних величин (Медведєв, Плиско, 2006).

Що стосується оптимальних значень щільності ґрунту для більшості сільськогосподарських культур, то верхня межа, як правило, дорівнює приблизно 1,35-1,45 г/см³, а нижня – 1,00-1,10 г/см³ (табл. 2.4). Але питання допустимої верхньої межі щільності ґрунту достатньо дискусійне, тому що воно залежить від генетичних особливостей ґрунтів, виду сільськогосподарської культури, її фази розвитку, способу обробітку тощо. Універсальним критерієм допустимої щільності є наступне визначення – в

Таблиця 2.4. Оптимальні значення щільності для шару ґрунту 0-30 см (ДСТУ 4362:2004).

Сільськогосподарська культура	Щільність складання, г/см ³
Пшениця озима	1,10-1,35
Яровий ячмінь	1,05-1,35
Овес	1,10-1,45
Кукурудза на зерно	1,05-1,30
Цукровий буряк	1,00-1,30
Соняшник	1,10-1,35
Картопля	1,00-1,45

ґрунті повинно бути не менше 10-15 % повітря (Медведев, 2002; Медведев и др., 2004). Якщо цей критерій не виконується, то спостерігається суттєве послаблення біологічної активності, нітрифікації, поглинання елементів живлення (Медведев и др., 2004).

Існують кілька підходів до групування ґрунтів щодо щільності. Популярними є оцінки Н.А. Качинського (1965) та С.А. Наумова (1969). В останній роботі при так званій *агрономічній оцінці*, щільність складання ґрунту *менше ніж 1,0 г/см³ ґрунтів вважається пухким, 1,1-1,3 г/см³ – ущільненим або оптимальним, 1,3-1,4 г/см³ – щільним, а більше, ніж 1,4 г/см³ – дуже щільним* (згідно Медведева и др., 2004).

Кількісною функцією від щільності ґрунту є його *шпаруватість*. Чим щільніший ґрунт, тим менша шпаруватість і навпаки. Загальна шпаруватість ґрунтів показує, яку частку в загальному об'ємі ґрунту займають шпарини. Н.А. Качинський (1965) запропонував наступну шкалу оцінки загальної шпаруватості ґрунтів: *відмінна (культурний орний шар) – 65-55 %, задовільна для орного шару – 55-50 %, незадовільна для орного шару <50 %, надмірно низька характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів – 40-25 %*. Якісно шпаруватість – це функція від структури ґрунту, тому роль і значення шпаринного простору в функціонуванні ґрунту будуть розглянуті в розділі, присвяченому впливу структури на властивості ґрунтів, їх режими та родючість.

Щільність ґрунтів сільськогосподарського призначення є достатньо динамічною величиною, що визначається як природними властивостями ґрунту, так і рівнем технологічного навантаження (рілля, пасовища, цілина). При використанні важкої сільськогосподарської техніки та помилок при обробітку спостерігається загальне антропогенне *переущільнення ґрунту* та формування *плужної підшви* (Медведев и др., 2004).

Антропогенне переущільнення спостерігається коли машинно-тракторні агрегати, маючи масу від 2-5 т до 40-50 т (збиральна техніка із повним завантаженням), створюють значне навантаження на ґрунт у процесі руху під час виконання технологічних операцій. Це явище повторюється із року в рік на значній площі поля, тому має накопичувальний характер, викликаючи ущільнення ґрунту до глибини 50-60 см. Істотно пришвидшується цей процес при порушенні вимог щодо вологості ґрунту при проведенні польових робіт. Часто густа техніка заходить у поле за вологості ґрунту понад 90 % НВ, що тільки посилює ущільнення ґрунту.

Плужною підшвою є ущільнений прошарок в орному шарі ґрунту або під ним, який утворюється внаслідок тиску площини робочих органів ґрунтообробних агрегатів за час обробітку на одну і ту саму глибину. Сільськогосподарські культури досить чутливі до стану ґрунту, зокрема його щільності. За різними оцінками науковців, недобір урожаю на полях із проявом плужної підшви може сягати 30–40 %. Переущільнений ґрунт різко знижує свою водопоглинальну здатність. Порушення газообміну в ґрунті, де значно перевищені показники його щільності, зумовлює зниження інтенсивності виділення вуглекислого газу на 20-40 %, що погіршує процес фотосинтезу і знижує урожайність. Крім того, відбувається погіршення мікробіологічної активності. Зростання ущільнення ґрунту негативно впливає на кореневу систему рослин. При щільності ґрунту на рівні $1,5 \text{ г/см}^3$ до 80 % коренів сільськогосподарських культур розміщується у ґрунтовому шарі 5–10 см, а решта формується глибше 10-20 см. Особливо чутливі до наявності в ґрунті плужної підшви сільськогосподарські культури зі стрижневою

кореневою системою (соняшник, буряки цукрові та кормові, ріпак, соя). Переуцільнення ґрунту в орному шарі зумовлює зростання мичкуватості кореневої системи, що ускладнює перебіг фізіологічних процесів росту та розвитку сільськогосподарських культур. Рослини стають дуже чутливими до екстремальних метеорологічних умов - тимчасового прояву посухи чи перезволоження. Нестабільність водного режиму, відповідно, погіршує засвоєння елементів живлення рослинами (Медведев и др., 2004).

Макроструктура ґрунту

Значення структурного стану ґрунту (склад агрегатів певної форми, розміру та стійкості) може бути визначено в різних аспектах (Воронин, 1986):

- *ґрунтовий аспект* – структура несе відповідальність за збереження самого ґрунтового тіла при дії на нього зовнішніх факторів, які викликають ерозію (водну і вітрову), а також забезпечує фізичні умови для протікання внутрішніх ґрунтових процесів;

- *біологічний аспект* – структура зумовлює забезпеченість рослин, мікроорганізмів та ґрунтової фауни водою і повітрям, визначає температурний та газовий режим, фізичні умови розвитку корневих систем рослин і міграції живих організмів.

Елементарні ґрунтові частинки і мікроагрегати, взаємодіючи між собою, утворюють *педи*, або макроагрегати. Форма, розмір і структура агрегатів тісно пов'язані з гранулометричним і мікроагрегатним складом ґрунту та особливостями процесу ґрунтоутворення.

Зі структурою твердої фази ґрунту дуже тісно пов'язана структура її шпаринного простору і розподіл шпарин за розмірами. Треба зазначити, що саме у шпаринах відбуваються всі основні фізичні, хімічні та біологічні процеси. У них створюються необхідні для рослин запаси вологи і міститься ґрунтове повітря. Шпаринами надходить вода у ґрунт і переміщається у ґрунтовій товщі. Велика інфільтраційна здатність ґрунтів сприяє зниженню або припиненню поверхневого стоку і, отже, призводить до зниження водної

ерозії ґрунтів. А тому збільшення розмірів агрегатів сприяє збереженню родючого шару ґрунту як від водної, так і від вітрової ерозії. Сприятливе (ДСТУ 4362:2004) співвідношення шпарин забезпечує оптимальні умови водного і повітряного режимів ґрунтів, сприяє надходженню в ґрунт необхідних кількостей кисню і видалення з ґрунту вуглекислого газу. Структура визначає механічні властивості ґрунтів, проростання насіння рослин, ріст і поширення в ґрунті коріння (Воронин, 1986; Медведев, 2008).

Для оцінки якості структури, перш за все необхідно знати *розподіл агрегатів за розмірами*. Однак для характеристики структурного стану ґрунтів не досить знати тільки розподіл агрегатів за розмірами в певний момент часу. Агрегати періодично утворюються, руйнуються і перебудовуються. Наприклад, свіжозоране поле може зберігати протягом деякого часу близьке до оптимального розташування агрегатів різного розміру з великими міжагрегатними шпаринами, які сприяють інфільтрації і аерації. Однак цей стан часто буває короткочасним, агрегати починають швидко розпадатися, через те, що ґрунт піддається впливу руйнівних сил, які виникають в результаті періодично повторюваних дощів і сухих проміжків часу. Багаторазове переміщення по полю сільськогосподарських машин, особливо важких, теж сприяє руйнуванню агрегатів на поверхні ґрунту та його ущільненню на певну глибину. Звичайно, ступінь таких змін структури ґрунту залежить від того, наскільки вона стійка щодо зовнішніх руйнівних сил (Воронин, 1986; Медведев, 2008).

Щоб оцінити стійкість агрегатів, їх зразки піддають впливу сил, які імітують це явище, яке, ймовірно, відбувається в ґрунтах в польових умовах. Ступінь стійкості оцінюють або за часткою маси початкового зразка, яка протистояла руйнуванню і зберегла свою фізичну цілісність, або за часткою, яка з'явилася в результаті руйнування, використовуючи при цьому довільні, але відтворювані критерії (наприклад, масу агрегатів дрібніше 0,25 мм).

Однак поняття «стійкість агрегатів» найчастіше застосовують в зв'язку з руйнівним впливом води. У цьому випадку говорять про водостійкість

Таблиця 2.5. Оцінка стану ґрунтової структури середньо- та важкосуглинкових ґрунтів.

Вміст агрегатів 0,25-10,0 мм, %		Оцінка
повітряно-сухих	водотривких	структурного стану
> 80	> 70	Відмінний
80-60	70-55	Добрий
60-40	55-40	Задовільний
40-20	40-20	Незадовільний
< 20	< 20	Поганий

агрегатів. Методика «мокрого» просіювання використовує ті ж самі набори сит зі стандартними розмірами отворів. Як показник стійкості агрегатів іноді використовують різницю між середньозваженими діаметрами агрегатів, отриманих в результаті сухого та «мокрого» просіювання. Існують і окремі оцінки якості ґрунтів лише за «мокрим» просіюванням ґрунту (табл. 2.5).

Для ґрунтів сільськогосподарського використання важливою є так звана «агрономічно цінна» структура, в якій механічно міцні, водостійкі та пористі агрегати представлені зернистими і дрібно грудкуватими педами. Умовно прийнято, що розмір цих агрегатів коливається в межах від 10 мм до 0,25 мм (Воронин, 1986; Медведєв, 2002; Медведєв, 2008). Саме цей критерій використовують в сучасній оцінці структури в Україні (табл. 2.5).

Однак є окремі результати досліджень, які показують, що, за винятком незначного збільшення обсягу дуже великих шпарин, фізичні властивості практично не змінюються зі зростанням розміру агрегатів більш, ніж 5 мм, а самі агрегати в діапазоні 5-10 мм характеризуються незначною міцністю і дуже слабкою водостійкістю. А тому можливо прийняти за агрономічно цінні агрегати педи, які мають розмір від 5 мм до 0,25 мм. Це, до речі, обумовлює їх рівномірніше упакування при оранці і, зрештою, призводить до створення орного горизонту з оптимальною структурою шпаринного обсягу, що поєднує порівняно великі між агрегатні шпарини, через які відбувається фільтрація води та газообмін, зі значним обсягом середніх за розмірами шпарин, які, в основному, утримують і проводять ґрунтову вологу. Механічна міцність агрегатів і їх водостійкість сприяє збереженню цього

співвідношення шпарин у часі під впливом погодних умов та сільськогосподарського використання (Воронин, 1986).

Показники структури є досить інформативним показником, щодо здатності ґрунту протистояти екстремальним зовнішнім впливам – поверхневому стоку, спричиненого зливами, таненням снігу та сильними вітрами. Зокрема, *протиерозійна стійкість ґрунту* напряду пов'язана із середньозваженим діаметром водотривких агрегатів і розраховується на основі «мокрого» просіювання ґрунту (Світличний, Чорний, 2007). *Протиідефляційна стійкість* чорноземних і каштанових ґрунтів України повністю залежить від вмісту агрегатів більше 1 мм при сухому просіюванні (так звана «грудкуватість») (Письменний, 2008).

Засобами попередження фізичної деградації (зростання щільності та погіршення макро структури) ґрунтів є (Медведев, 2013):

- мінімізація механічного впливу на ґрунт аж до повної відмови від обробки, тобто впровадження технології «no-till»;
- виконання заходів високої культури землеробства, мета якої є у підтриманні бездефіцитного балансу гумусу, біофільних елементів і зберігання агрономічно цінної структури.

Виконання першої вимоги пов'язані зі зменшенням глибини обробітку, впровадженням мінімального обробітку та «no-till», скороченням кількості культивацій та боронувань посівів, нормування механічного навантаження на ґрунт, впровадження машинно-тракторних агрегатів з пневматично широкими колесами тощо.

Реалізація другої вимоги пов'язана з поширенням систем «зберігаючого», «адаптивного», «органічного» та «точного» землеробства, що супроводжується впровадженням бобових культур, однорічних і багаторічних трав, внесенням у ґрунт органічних добрив та рослинних решток.

Ґрунтово-гідрологічні критерії

Властивості ґрунтів, зокрема гранулометричний склад і вміст органічної речовини визначають цілу низку ґрунтово-гідрологічних констант, зокрема, *найменшу (польову) вологість (НВ), вологість в'янення (ВВ) та діапазон активної вологи (ДАВ)*. Останній показник є кількісною оцінкою здатності ґрунту утримувати продуктивну вологу в ґрунті в діапазоні від НВ до ВЗ, тобто здатністю ґрунту забезпечувати вологою рослину:

$$\text{ДАВ} = \text{НВ} - \text{ВВ} \quad (2.1)$$

НВ – це максимальна кількість вологи, що залишається у ґрунті після її зволоження до повної вологомісткості та стікання гравітаційної вологи і в реальних польових умовах спостерігається дуже короткий час лише після рясного дощу або сніготанення. НВ є верхньою межею здатності ґрунту утримувати продуктивну вологу. Данні щодо НВ отримуються в умовах відсутності підпору ґрунтових вод у нижніх шарах ґрунту.

Експериментальні дані щодо НВ для орних ґрунтів України, наведені у монографії (Медведев и др., 2011). Вони показують, що діапазон змін НВ коливається в межах 14-30 % від маси ґрунту і має певну залежність цієї ґрунтово-гідрологічної константи від гранулометричного складу ґрунту. У піщаних і супіщаних ґрунтах Полісся спостерігаються мінімальні значення НВ – 13-14 %, а в суглинкових та глинистих ґрунтах Степу та Лісостепу значення НВ максимальні – більш ніж 30 %. В той же час, автори відмічають, що певна залежність цього показника існує не тільки від гранулометричного складу, а і від щільності ґрунту, вмісту гумусу, структурованості тощо. А тому максимальні значення НВ в Україні мають суглинкові та глинисті чорноземи північного Степу та Лісостепу, які є найбільш гумусованими ґрунтами України. За профілями головних типів ґрунтів України спостерігається, як правило, зменшення НВ з поверхні вглиб ґрунту, що пов'язано зі змінами гранулометричного складу, вмісту гумусу, щільності тощо.

Що стосується ВВ, то ця ґрунтово-гідрологічна константа характеризує нижню межу вмісту продуктивної вологи в орних ґрунтах. При цій величині вологості припиняється рух вологи в ґрунті, а у рослин з'являються перші ознаки в'янення. Узагальнення даних щодо ВВ для ґрунтів України показали (Медведев и др., 2011), що ця величина змінюється від 3 % до 18 % від маси ґрунту. Також спостерігається тісний зв'язок між цим показником і вмістом у ґрунтах фізичної глини та мулу. А тому найменші величини ВВ зафіксовані на піщаних і супіщаних ґрунтах, зокрема у Поліссі (менші ніж 6 %), а найбільші у середньо- та важкоглинкових ґрунтах на південному сході України та у Степу (більше, ніж 12 %), а ґрунти Лісостепу займають проміжне положення (Лактионова и др., 2007; Медведев и др., 2011).

А отже, показник ДАВ, як різниця між НВ та ВВ, в першу чергу, залежить від гранулометричного складу ґрунту, тому що і НВ, і ВВ синхронно зростають або зменшуються із зростанням або зменшенням вмісту фізичної глини. Інші властивості ґрунту (щільність ґрунту, вміст гумусу, параметри структури) мають другорядне значення. Водночас, цей параметр показує на здатність ґрунту утримувати продуктивну вологу і може використовуватися для порівняння між собою різних ґрунтів щодо цієї властивості (Лактионова и др., 2007; Медведев и др., 2011). Згідно з узагальненнями в цитованій вище монографії потенційна здатність українських орних ґрунтів забезпечувати рослину продуктивною вологою у гумусовому горизонті змінюється від 7 до 30 %. Верхня межа цього діапазону ДАВ може вважатися оптимальним значенням і бути еталоном для оцінок якості ґрунтів саме з цих позицій.

Приклад оцінки якості ґрунту за морфологічними ознаками, агрофізичними та водно-фізичними показниками

Оцінемо якість чорнозему південного слабкоеродованого за морфологічними, фізичними та водно-фізичними властивостями, дані про який наведено у таблиці 2.6. Як видно з опису розрізу потужність гумусового

горизонту(H+Np) складає 45 см, що згідно з приведеними вище критеріями є задовільною характеристикою для використання при вирощуванні сільськогосподарських культур. Згідно опису профілю видно, що ґрунт немає ніяких ознак оглеєння у профілі, що робить його, (згідно табл. 2.1) найбільш сприятливим з цих позицій для використання у рільництві. Вміст фізичної глини (55-57 %) відносить ці ґрунти до важкосуглинкових. Такий гранулометричний склад ґрунту є оптимальним для вирощування більшості польових культур Степу України – озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, соняшнику тощо (табл. 2.2 та 2.3). Важкосуглинковим ґрунтам притаманні високі значення питомого опору (більш ніж $0,60 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{см}^2$), що вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на паливо та паливно-мастильні матеріали.

Щільність в гумусовому горизонті складає $1,21 \text{ г}/\text{см}^3$, що є оптимальним значенням, згідно приведеною вище групування і, в цілому, попадає у значення оптимального діапазону щодо щільності при вирощуванні основних сільськогосподарських культур (табл. 2.4). До кореневмісного шару ґрунту відноситься і верхній перехідний горизонт Нp, де щільність сягає $1,32 \text{ г}/\text{см}^3$, що в цілому попадає в значення оптимального діапазону для вирощування більшості сільськогосподарських культур (але за винятком кукурудзи та цукрового буряку). Ґрунт в нижньому перехідному горизонті та у материнській породі відноситься до категорії «дуже щільного» і є вищим за оптимальні значення, але там не буде знаходитися основна маса коріння сільськогосподарських рослин (можливо, за виключенням соняшнику), які вирощуються на цих ґрунтах.

Що стосується макроструктури гумусового шару ґрунту, то вона близька до оптимальної тому, що її кількісні параметри попадають, згідно з існуючими оцінками (табл. 2.5), у категорію «відмінна», щодо вмісту агрономічно цінних агрегатів 0,25-10 мм та «добра» щодо вмісту водотривких агрегатів.

Таблиця 2.6. Морфологічні, фізичні та водно-фізичні властивості чорнозему південного важкосуглинкового слабкоеродованного (землі Навчально-наукового виробничого центру МНАУ, Миколаївський район Миколаївської області, N 46°53'41,7", E 031°40'37").

Генетичні горизонти та їх потужність, см	Опис	Вміст <0,01 мм, %	Щільність складання, г/см ³	Загальна шпаруватість, %	Вміст агрегатів 0,25 -10 мм при «сухому» просіванні, %	Вміст водотривких агрегатів 0,25 -10 мм, %	Вологість в'янення, %	Найменша волоємність, %
Н 0-28	Гумусовий горизонт, темно-сірий, свіжий, легко-глинистий, грудкувато-зернистий, рихлий, є коріння рослин, перехід поступовий. Верхній перехідний горизонт,	56,86	1,21	47,52	82,96	63,53	12,3	26,1
Нр 29-45	темнувато-сірий з буруватим відтінком, свіжий, слабо ущільнений, грудкувато-зернистий, зустрічаються гумусові затьоки, перехід поступовий. Нижній перехідний горизонт, палево-сірий з буруватим відтінком, грудкувато-	57,05	1,32	45,68	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Phk 46-68	призматичний, свіжий, зустрічаються гумусові затьоки, ущільнений, скипає від HCl, перехід нерівномірний. Материнська порода –	56,12	1,38	44,58	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Рк 69-120	бурувато-палевий лес із включенням карбонатів у вигляді білозірки.	55,06	1,51	41,70	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.

Діапазон активної вологи складає 13,8 %, що удвічі менше, за оптимальні значення (приблизно 30 %). А, отже, чорнозем південний слабоеродований важкосуглинковий не здатний довго забезпечувати сільськогосподарські рослини вологою, що особливо небезпечно в умовах поганого природного зволоження на цій території.

Висновок. Чорнозем південний слабкоеродований важкосуглинковий щодо морфологічних ознак, агрофізичних та водно-фізичних показників у цілому придатний для вирощування більшості основних сільськогосподарських культур. Водночас, обробка важкосуглинкового ґрунту вимагає застосування енерговитратних тракторів та витрат великих коштів на паливо та паливно-мастильні матеріали, що пов'язано з високими значеннями питомого опору ґрунту. Існують деякі ризики щодо негативного впливу властивостей цих ґрунтів на ріст та розвиток сільськогосподарських культур, пов'язані з високою щільністю верхнього перехідного горизонту ґрунту. Але особливі високі ризики недобору урожаю сільськогосподарських культур пов'язані з низькою спроможністю ґрунту забезпечувати сільськогосподарські рослини вологою, що особливо небезпечно під час довготривалих бездощових періодів.

2.3. Хімічні та агрохімічні показники

Вмісту гумусу

Гумус суттєво впливає на поживні властивості ґрунту тому, що у ньому міститься до 98 % ґрунтових запасів азоту, до 60 % фосфору та до 80 % сірки ґрунту, а також вітаміни та стимулятори росту. Вміст гумусу позитивно впливає на теплові властивості ґрунту, тому що темно забарвлений ґрунт має мінімальне альбедо, швидше прогрівається і гарно транспортує тепло вниз по ґрунтовому профілю. Щодо фізичних властивостей ґрунтів, то наявність високого вмісту гумусу зменшує щільність ґрунту і збільшує його шпаруватість. Ґрунти з високим вмістом гумусу стійкіші до антропогенного

Таблиця 2.7. Групування ґрунтів за вмістом гумусу (згідно ДСТУ 4362:2004)

Вміст гумусу	Показник, %
Дуже низький	< 1,1
Низький	1,1-2,0
Середній	2,1-3,0
Підвищений	3,1-4,0
Високий	4,1-5,0
Дуже високий	> 5,0

переуцільнення, а це, в свою чергу, позитивно впливає на мікробіологічну діяльність, ріст і розвиток корневих систем сільськогосподарських рослин. Ще одним наслідком високої шпаруватості високогумусних ґрунтів є гарний водний режим, що проявляється у високій водопоглинальній здатності ґрунту, що зменшує небезпеку ерозії. Існує групування ґрунтів за вмістом гумусу, визначеним за методикою Тюріна в сучасній модифікації (табл. 2.7).

Вміст гумусу у ґрунтах України підпорядкований певній зональності, обумовленій типом ґрунтоутворення та гранулометричним складом ґрунтів. Гумусованість верхнього генетичного горизонту збільшується від дерново-підзолистих та буроземних ґрунтах у Поліссі та в Карпатах (1,1-1,2%), до лісостепових типових чорноземів і степових звичайних чорноземів (4,0-6,0%), а далі зменшується до чорноземів південних і солонцюватих каштанових та темно-каштанових ґрунтів (2,0-3,0 %). Це спричинено зміною рослинно-кліматичних умов ґрунтоутворення, гранулометричному складу та характеру ґрунтоутворних порід. Ареал найвищого вмісту (5,5-6,0 %) включає чорноземи типові і звичайні середньогумусні важкосуглинкові і глинисті, які розташовані смугою з південного заходу на північний схід і схід (північ Одеської та Миколаївської області, Кіровоградська область, Полтавська область, Харківська область, північ Донецької та Луганської областей).

Згідно з Державним стандартом «Показники родючості ґрунтів» (2004) для озимої пшениці, ярого ячменю, цукрового буряку, кукурудзи на зерно, соняшнику вимоги до вмісту гумусу дуже однотипні – оптимальний вміст

гумусу для цих культур повинен бути більший за 3.5 %. Для цих культур за вмістом гумусу незадовільні умови мають місце лише у ґрунтах піщаного і супіщаного гранулометричного складу Полісся, сильно еродованих степових та лісостепових ґрунтах та у темно-каштанових і каштанових ґрунтах Сухого Степу. На решті території країни, вміст гумусу у ґрунтах знаходиться в оптимальному та допустимому діапазонах щодо забезпечення вирощування вище перелічених сільськогосподарських культур. Стосовно жита, вівса, льону та картоплі, які не мають виключно великих вимог до вмісту гумусу у ґрунті, з цієї точки зору, майже вся територія України придатна для їх вирощування, але нижньою межею для забезпечення успішного вирощування цих культур згідно ДСТУ 4362:2004, визначена величина у 3,0 % вмісту гумусу.

Водночас, очевидно, що, чим бідніший ґрунт органічною речовиною, тим повніше гумус буде впливати на врожайність сільськогосподарських культур, але при вмісті гумусу більш ніж 3,5-4,0 % зв'язок «урожайність»-«вміст гумусу» слабшає. А подальше збільшення вмісту гумусу (до 5.0-7.0 %) не супроводжується однозначним збільшенням врожайності (Бацула, 1987). Серед науковців також існує думка, що занадто високий вміст гумусу у ґрунті (більше ніж 6 %), окрім загального позитивного впливу на ґрунт, одночасно може знижувати доступність деяких елементів живлення для сільськогосподарських рослин (Медведєв, Плиско, 2006). Цей факт знайшов відображення у деяких системах бонітування ґрунтів, де верхньою межею оптимального значення вмісту гумусу у ґрунті визначається 3,0-4,0 %. (Медведєв, Плиско, 2006).

Але при розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки за матеріалами ґрунтово-агрохімічної паспортизації земель оптимальним значенням вмісту гумусу пропонується величина у 6,2 % (Методика..., 2013). Така ж сама величина рекомендується в якості оптимального значення і в методиці бонітування ґрунтів за Сірим (Серый и др., 1986).

Що стосується змін вмісту гумусу у часі, то практично по всій території України спостерігається зменшення вмісту гумусу в орному шарі ґрунтів сільськогосподарського призначення. Цей процес має назву *дегуміфікація*, причиною якої є відносно невеликі обсяги внесення мінеральних (особливо, азотних) добрив та надзвичайно низькі норми органічних добрив (до 3-5 т/га в рік, у перерахунку на підстилковий гній), а також нераціональна структура посівних площ, зокрема відсутність в ній багаторічних та однорічних трав, а також відносно невеликі площі, що займають бобові культури. Тотальна дегуміфікація підтверджується не тільки прямими визначеннями вмісту гумусу у ґрунті, а і розрахунками *балансу ґрунту*. Такі розрахунки показують на істотно дефіцитний баланс гумусу в умовах сучасного українського землеробства. Щорічна мінералізація гумусу та його втрата з ґрунту внаслідок ерозійних процесів не компенсується новоутворенням гумусу («гуміфікацією») з рослинних решток та органічних добрив. Кількісні оцінки гумусового балансу показують, що протягом останніх 30-40 років він був гостродефіцитним і коливався в межах -0,6- -0,7 т/га (Господаренко, 2015).

Ситуація може бути виправлена впровадженням раціональних сівозмін з багаторічними травами та бобовими культурами, а також внесенням великих норм органічних добрив.

Вміст рухомих форм азоту

Азот є основним біогенним елементом, що входить до складу білкових речовин, а також ліпоїдів, хлорофілу, алкалоїдів, різних ферментів тощо. Вміст азоту в рослинних білках досягає інколи 20 %. У сухій речовині рослин вміст азоту коливається у межах 0,4-3 %. Найбільше його в насінні зернових і зернобобових – 1,5-5,0 %, тоді як у соломі злакових рослин лише 0,4-0,6 %. Головні проблеми азотного живлення сільськогосподарських культур полягають у (Господаренко, 2010):

- неспроможності більшості рослин використовувати азот з атмосфери, що є основним резервуаром азоту в біосфері (виняток – бобові культури, які за допомогою бульбочкових бактерій здатні фіксувати атмосферний азот);

- в гірських породах вміст азоту дуже малий, а тому в ґрунтах вкрай обмежені запаси мінерального азоту;

- в умовах сучасного землеробства як ґрунтовий азот, так і азот добрив використовується вкрай нераціонально: великі обсяги цього елемента попадають в атмосферу та вилугуюються в поверхневі і підземні води.

Головним джерелом азотного живлення рослин є аніони азотної кислоти (NO_3^-) та катіони амонію (NH_4^+), яких у ґрунті міститься мало – лише 1 % від загальної кількості азоту, який практично повністю акумульований в різних формах органічних сполук, що входять до складу гумусу, рослинних решток, мікроорганізмів тощо. В залежності від умов ґрунтоутворення та антропогенної діяльності запаси азоту в орному шарі ґрунтів України коливаються у межах 2-8 т/га, а у метровому шарі – 4-30 т/га (Господаренко, 2010). Весь азотний фонд ґрунту поділяються на наступні фракції азоту, які використовуються як критерії оцінки родючості ґрунтів, а саме:

- *мінеральний азот* – основне джерело азотного живлення рослин, до складу якого входять нітрати та обмінний амоній, які характеризують забезпеченість рослин азотом ґрунту на момент визначення;

- *азот, що легко гідролізується* – найближчий резерв для поповнення мінерального азоту і складається з нітратів, нітритів, амонію, амідів, амінокислот, аміноцукорів, вміст яких у ґрунті показує на потенційне забезпечення азотом рослин протягом всього періоду вегетації;

- *азот, що важко гідролізується* – становить основну частину валового азоту ґрунту і є резервом забезпечення ґрунту мінеральним азотом;

- *азот, який не гідролізується* – азот, який практично не бере участі в азотному живленні рослин у ґрунті (гумінові кислоти, гуміни, азот сполук, які міцно зв'язані з мінеральною частиною ґрунту тощо).

Таблиця 2.8. Групування ґрунтів за вмістом гідролізованого азоту, нітрифікаційної здатності ґрунту та вмістом мінерального азоту

Ступінь забезпеченості	Вміст гідролізованого азоту, N, мг/кг		Нітрифікаційна здатність (за Кровцовим)	Мінеральний азот (NH ₄ +NO ₃)
	за Тюрнім- Коновою	за Корнфілдом		
			мг/100 г ґрунту	
Дуже низький	< 30	< 100	< 0,5	< 1,0
Низький	30-40	100-150	0,5-0,8	1,1-1,5
Середній	40-50	150-200	0,8-1,5	1,6-2,4
Підвищений	50-70	> 200	1,5-3,0	2,5-3,0
Високий	70-100	-	3,0-6,0	>3,0

В діагностиці азотного стану ґрунту для використання при вирощуванні сільськогосподарських культур до уваги беруть або азот мінеральних сполук, або азот, який легко гідролізується. Непрямим показником потенційного забезпечення ґрунту нітратами є так звана «нітрифікаційна здатність ґрунту».

Згідно з Державним стандартом (ДСТУ 4362:2004) існує класифікація забезпеченості ґрунту азотом, що легко гідролізується, мінеральним азотом та його здатності до нітрифікації (табл. 2.8). Водночас, виключна мінливість азотного режиму ґрунту у просторі та часі, не дозволяє провести точну діагностику забезпечення ґрунту мінеральним азотом та азотом, що легко гідролізується і визначити оптимальні показники параметрів азотного режиму для вирощування певних сільськогосподарських культур.

Нестача азоту в ґрунті компенсується внесенням азотних та органічних добрив, а також впровадження у сівозміни бобових сільськогосподарських культур.

Існують певні закономірності в просторових і часових змінах показників азотного режиму. Зокрема вміст мінерального азоту залежить в ґрунті від вмісту гумусу і змінюється від нуля до 2 % від загального вмісту азоту. Водночас, частка нітратного азоту в складі мінерального залежить певним чином від типу ґрунту. В малородючих ґрунтах Полісся і Прикарпаття частка нітратного азоту складає 20-30 %, але на високих агрономічних фонах, особливо при внесенні азотних та органічних добрив, досягає 40-80 %. У

чорноземах і каштанових ґрунтах частка нітратів в мінеральному азоті в порівнянні з дерново-підзолистими та бурими лісовими ґрунтами зростає, але однозначної залежності із загальним вмістом азоту не спостерігається (Господаренко, 2010).

Щодо динаміки вмісту нітратів впродовж року, то згідно (Господаренко, 2010) спостерігається два максимуму – весною та восени. Враховуючи, що вміст амонійного азоту впродовж року практично не змінюється, то синхронно з вмістом нітратів впродовж року змінюється і вміст всього мінерального азоту.

Вміст рухомого фосфору

Фосфор є одним з головних показників родючості ґрунтів. З ним тісно пов'язаний розвиток кореневої системи, її поглинальна здатність, процес синтезу білку, інтенсивність фотосинтезу, продуктивність рослин та якість сільськогосподарської продукції.

Головне джерело рухомого фосфору для рослин у природних умовах – солі ортофосфорної кислоти (H_3PO_4), яка може дисоціювати на три рухомих аніони: H_2PO_4^- , HPO_4^{3-} , PO_4^{3-} , які і споживаються кореневими системами рослин. Вміст солей, що містять фосфор у ґрунтах регулюється мінералогічним складом материнської породи та гранулометричним складом ґрунту, а також деякими іншими важливими параметрами, зокрема, вмістом гумусу (в ньому міститься до половини фосфорних сполук ґрунту), реакцією ґрунтового розчину, що впливає на розчинність солей ортофосфорної кислоти, складом колоїдного комплексу (фосфати кальцію і магнію більш доступні рослинам, ніж фосфати інших металів) тощо (Носко, 2001). Дуже своєрідна диференціація рухомого фосфору у профілі ґрунтів: у більшості ґрунтів з вираженим елювіально-ілювіальним профілем є два максимуму його вмісту – у гумусовому та ілювіальному горизонтах. У солонцюватих ґрунтах, які мають ті ж горизонти, максимальний вміст фосфору спостерігається лише у верхній частині гумусового горизонту. Нерідко на природні закономірності розподілу фосфору в ґрунті сильно впливають

Таблиця 2.9. Групування ґрунтів за вмістом рухомого фосфору (згідно ДСТУ 4362:2004)

Вміст рухомого фосфору	За методом		
	Кірсанова	Чирікова	Мачігіна
	P_2O_5 , мг/кг ґрунту		
Дуже низький	< 26	< 21	< 11
Низький	26-50	21-50	11-15
Середній	51-100	51-100	16-30
Підвищений	101-150	101-150	31-45
Високий	150-250	151-200	46-60
Дуже високий	> 250	> 200	> 60

антропогенні фактори. Зокрема, в зонах довготривалого вирощування цукрового буряку (Лісостеп) спостерігається надзвичайно високий вміст фосфору, що пов'язано з багаторічним внесенням високих норм фосфорних добрив (Медведев, Плиско, 2006).

Групування за вмістом рухомих форм фосфору виконано з врахуванням усіх трьох методик (табл. 2.9). Що стосується просторового розподілу рухомих форм фосфору в ґрунтах сільськогосподарських угідь України, то вони мають тенденцію до збільшення від дерново-підзолистих, бурих гірсько-лісових, буроземно-підзолистих до опідзолених лісостепових, чорноземів типових, звичайних і південних, а далі зменшується до темно-каштанових і каштанових ґрунтів. Зокрема, дерново-підзолисті ґрунти Полісся та бурі гірсько-лісові ґрунти Карпат мають низький та дуже низький вміст рухомого P_2O_5 (<15 мг/кг ґрунту за методом Мачігінім). Слабко підзолисті лісостепові ґрунти (темно-сірі, чорноземи опідзолені) – середній та підвищений вміст (16-45 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна). Чорноземи типові майже на всій території Лісостепу відрізняються підвищеним та високим умістом рухомих форм фосфору (31-60 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна). Близьку забезпеченість до них мають чорноземи звичайні і південні. Забезпеченість рухомих фосфором у темно-каштанових і каштанових ґрунтів відповідає градації – середня забезпеченість (16-30 мг/кг ґрунту за методом Мачігіна) (Медведев, Плиско, 2006). Залежність

Таблиця 2.10. Оптимальні параметри вмісту рухомого фосфору і обмінного калію в основних типах ґрунтів України (орний шар) (ДСТУ 4362:2004).

Ґрунти	Культури	Вміст поживних речовин, мг/кг ґрунту(за Чиріковим)	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
	Полісся		
Дерново-підзолисті	Пшениця озима	150-170	130-160
	Ячмінь яровий	110-140	100-110
Світло-сірі та сірі лісові	Ячмінь яровий	-	110-130
	Лісостеп		
Чорноземи опідзолені та темно-сірі лісові	Пшениця озима	110-140	100-130
Чорноземи типові	Соняшник	100-110	120-140
	Пшениця озима	130-150	120-160
	Кукурудза не зерно	140-150	130-150
	Цукрові буряки	160-180	160-180
	Степ		
Чорноземи звичайні	Пшениця озима	110-130	150-160
	Кукурудза не зерно	100-110	
	Соняшник	70-100	
Чорноземи південні	Пшениця озима	110-140	130-170
	Ячмінь яровий	120-130	150-160
Темно-каштанові	Пшениця озима	110-140	140-170

забезпеченості ґрунтів рухомим фосфором від генетичних особливостей ґрунтів порушується регіональними особливостями ґрунтового покриву. Зокрема, під впливом ерозійних процесів у всіх слабоеродованих ґрунтів вміст фосфору зменшується на 12-25 %, а у середньо - і сильноеродованих - на 28-55 % у порівнянні з не еродованими ґрунтами.

Що стосується еталонного (оптимального) вмісту рухомих форм фосфору, то вони визначені у таблиці 2.10. Згідно з Державним стандартом (ДСТУ 4362:2004), оптимальний вміст рухомого фосфору для головних ґрунтів України, в залежності від сільськогосподарських культур, коливається у межах 70-180 мг/кг ґрунту (скоріш за все, ця оцінка зроблена за методикою визначення рухомого фосфору за методом Чирікова). Пересічно оптимальний вміст у всіх ґрунтах приблизно дорівнює 120-130 мг/кг ґрунту.

При бонітуванні ґрунтів та інших комплексних оцінках родючості ґрунтів за еталонний (оптимальний) вміст рухомих форм фосфору приймається:

- при бонітуванні за методикою Медведєва-Плиско (2006) в шарі 0-40 см 175 мг/кг ґрунту (при визначенні вмісту рухомого фосфору за Чиріковим) для озимої пшениці, озимого жита, вівса, ярого ячменю, льону та 200 мг/кг ґрунту для кукурудзи на зерно, цукрового буряку, соняшнику та картоплі;
- при бонітуванні за методикою Сірого при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 250 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, Мачігінім – 40 мг/кг ґрунту (Серый и др., 1986);
- при розрахунках агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 200 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігінім – 60 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013);
- при бонітуванні за методикою ДП «Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» при визначенні вмісту рухомого фосфору за Кірсановим – 260 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігінім – 60 мг/кг ґрунту (Методические рекомендации..., 1993).

Нестача в ґрунті рухомих форм фосфорних сполук повинно компенсуватися внесенням фосфорних та органічних добрив.

Вміст рухомого калію

Калій у рослині перебуває в іонній формі й не входить до складу органічних сполук клітин. Одночасно калій є тим елементом живлення, який визначає якість продукції. Зокрема під впливом калію підсилюється нагромадження крохмалю в бульбах картоплі, сахарози в цукровому буряку та моноцукрів у низці плодових та овочевих культур. Калій підвищує холодостійкість і зимостійкість рослин (у результаті збільшення осмотичного тиску клітинного соку), стійкість рослин до грибкових і бактеріальних хвороб тощо. Рослини споживають калій у вигляді катіону K^{+} .

Вміст *валового (або загального) калію* (у перерахунку у K_2O) у різних ґрунтах коливається від 0,5 до 3 %. Калій міститься у:

- органічних речовинах ґрунту (рослинних рештках та мікроорганізмах);
- ґрунтових первинних і вторинних мінералах (польові шпати, слюди, іліти, монтморилоніти тощо);
- складі водорозчинних солей мінеральних (карбонатів, нітратів, хлоридів) та органічних кислот, а також у ґрунтовому розчині (*водорозчинний калій*);
- складі ГПК (*обмінний калій*).

Останні дві складових калійного фонду ґрунту називається *рухомим калієм*, який складає не більше 0,5-2,0 % від валового. Рухомий калій є найбільш популярним показником забезпеченості рослин цим поживним елементом і визначається за кількома методиками (Кірсанова, Чирікова або Мачігіна) (Господаренко, 2010). Існує групування українських ґрунтів за вмістом рухомого калію (табл. 2.11).

Важкі глинисті і суглинкові ґрунти більше містять калію, ніж піщані і супіщані. У більшості суглинкових ґрунтів калію утримується 2,0-2,5 %, тобто значно більше, ніж азоту і фосфору. Загальний запас K_2O в орному шарі ґрунту 50-75 т на 1 га, але основна частина калію (98-99 %) знаходиться в ґрунті у виді сполук, нерозчинних і малодоступних для рослин. Найбільша кількість рухомого калію знаходиться у ґрунтах Степу (150-250 мг/кг), менше (70-180 мг/кг) – у Лісостепу і найменша (40-80 мг/кг) – ґрунтах Полісся. Ареали недостатнього забезпечення рухомим калієм і високої ефективності калійних добрив розташовані на ґрунтах, в яких 70-80 % знаходиться піщаних і крупнопилуватих фракцій. Вони розміщені в зонах Полісся, Закарпаття, Карпат, Прикарпаття. Це сильно і слабо опідзолені ґрунти, які сформовані на піщаних породах та легкосуглинкових лесових породах (Медведєв, Плиско, 2006).

Таблиця 2.11. Групування ґрунтів за вмістом рухомого калію

Вміст обмінного калію	За методом		
	Кірсанова	Чирікова	Мачигіна
	K ₂ O, мг/кг ґрунту		
Дуже низький	< 41	< 21	< 51
Низький	41-80	21-40	51-100
Середній	81-120	41-80	101-200
Підвищений	121-170	81-120	201-300
Високий	171-250	121-180	301-400
Дуже високий	> 250	> 180	> 400

За вимогами до калійного живлення основні культури розділяються на дві групи: 1) озима пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза, льон; 2) цукровий буряк, соняшник, картопля. Культури другої групи безумовно вимогливіші до вмісту у ґрунті K₂O.

Оптимальні параметри вмісту рухомого калію (за Чиріковим) в основних типах ґрунтів України для різних культур, згідно ДСТУ 4362:2004, приведені у таблиці 2.10 і знаходяться в межах 100-170 мг/кг.

При бонітуванні ґрунтів України та інших комплексних оцінках родючості ґрунтів за еталонний (оптимальний) вміст рухомих форм калію приймається:

- при бонітуванні за методикою Медведева-Плиско (2006) в шарі 0-40 см це 150 мг/кг ґрунту (при визначенні вмісту рухомого калію за Чиріковим) для озимої пшениці, озимого жита, вівса, ярого ячменю, кукурудзи на зерно та льону та 180 мг/кг ґрунту для цукрового буряку, соняшнику та картоплі;
- при бонітуванні за методикою Сірого при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 170 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, Мачігіним – 400 мг/кг ґрунту (Серый и др., 1986);
- при розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 220 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 180 мг/кг ґрунту, за Мачігіним – 400 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013);

- при бонітуванні за методикою ДП "Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» при визначенні вмісту рухомого калію за Кірсановим – 170 мг/кг ґрунту, за Чиріковим – 200 мг/кг ґрунту, за Мачігінім – 400 мг/кг ґрунту (Методические рекомендации..., 1993).

Нестача в ґрунті рухомих форм калійних сполук компенсується внесенням калійних мінеральних добрив.

Вміст рухомої сірки

Сірка є важливішим елементом живлення, яка входить до складу рослинних білків, амінокислот, вітамінів, ферментів. Недобір сірки з ґрунту веде до зменшення активності біологічних процесів у рослині, в результаті чого падає врожайність сільськогосподарської культури. При нестачі сірки затримується синтез білків, у рослині накопичується азот у вигляді нітратів. Сірка покращує смакові і ароматичні якості деяких рослин (цибуля, часник), збільшує стійкість сільськогосподарських культур до хвороб і шкідників. Сільськогосподарські культури, з точки зору споживання сірки, можна поділити на три групи: великого споживання (> 50 кг/га) – ріпак, капустяні; середнього (20-50 кг/га) – багаторічні трави, зернобобові, цукровий та кормовий буряк; помірного (< 20 кг/га) – зернові, трави, кукурудза, картопля. Рослини засвоюють сірку у вигляді іонів SO_4^{2-} (Господаренко, 2010).

У ґрунті сірка знаходиться в основному у складі органічних сполук, які представлені рослинними рештками і гумусом (до 80-90 % від валового вмісту сірки в ґрунті). У результаті діяльності мікроорганізмів у ґрунті постійно протікають процеси трансформації сірки та перетворення між органічними і неорганічними сполуками сірки. Сульфатна форма сірки утворюється як побічний продукт в процесі мінералізації органічної речовини ґрунту, що протікає за участю мікроорганізмів. Одночасно іде процес іммобілізації, тобто включення сульфатної форми сірки в мікробну біомасу ґрунту.

Таблиця 2.12. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук сірки (Господаренко, 2015)

Ступінь забезпеченості	Вміст, мг/кг
Дуже низький	< 3
Низький	3-6
Середній	6-9
Підвищений	9-12
Високий	12-15
Дуже високий	>15

Відносно невелика частина (10-20 %) від *валового (загального)* вмісту сірки в ґрунті знаходиться в неорганічній (*мінеральній*) формі. Мінеральна сірка представлена сульфатами і сульфїтами кальцію, магнію та одновалентних катіонів (калію, натрію). Для рослин найбільш доступною є *рухома сірка*, яка представлена сульфатами та сульфїтами одновалентних катіонів – Na_2SO_4 , K_2SO_4 , Na_2SO_3 та K_2SO_3 (Господаренко, 2010). Саме вміст рухомої сірки і є головним діагностичним показником забезпечення ґрунту цим елементом живлення.

Групування за вмістом у ґрунті рухомих сполук сірки представлені у таблиці 2.12.

При розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки оптимальним значенням для ґрунтів України визначена величина у 12 мг/кг ґрунту (Методика..., 2013).

Вміст рухомих форм мікроелементів

Для вирощування високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур поряд з макроелементами (азот, фосфор, калій, сірка) важливе значення мають мікроелементи живлення, особливо, *бор* (В), *марганець* (Mn), *мідь* (Cu), *цинк* (Zn), *кобальт* (Co), *молібден* (Mo) та *залізо* (Fe), тому, що вони беруть участь у різних, дуже важливих фізіологічних процесах, зокрема таких як:

- фотосинтез (Mn, Fe, Cu);
- дихання (Mn, Fe, Cu, Zn, Co);

- вуглеводний, жировий та білковий обміни, утворення органічних кислот і ферментів (Mn, Cu, Mo, Zn);
- процеси зв'язування вільного азоту (Mo, B, Mn, Fe);
- перетворення сполук азоту і фосфору (B, Zn, Cu, Mn, Mo);
- розвиток бульбочкових бактерій (Cu, Mo, B).

Мікроелементи часто виступають каталізаторами різних хімічних і біохімічних реакцій (Fe, Mn, Mo, Cu, Zn та ін.). Відомо також, що B, Cu, Co, Mo, Zn виконують специфічні функції в захисних морозостійких і засухостійких механізмах різних сільськогосподарських рослин (Господаренко, 2010).

Основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт. Їх доступність визначають за наявності рухомих форм, які для міді, цинку, молібдену і кобальту становлять 5-15 % від валового вмісту, а для бору – 10-30 %. У порівнянні з макроелементами вміст мікроелементів у ґрунтах невисокий. Тому не всі ґрунти здатні повністю задовольнити потреби рослин у мікроелементах. Основною причиною дефіциту мікроелементів, насамперед, є їх слабка доступність для рослин.

Наприклад, більшість ґрунтів Полісся добре забезпечені марганцем і задовільно міддю (за винятком торф'яників), але вони мало містять бору, молібдену, цинку. Ґрунти Лісостепу багаті на марганець, достатньо забезпечені міддю, задовільно молібденом (за винятком кислих сірих лісових ґрунтів), погано забезпечені – бором і цинком. Закономірності розподілу мікроелементів у ґрунтах України обумовлені широкими природними властивостями самих елементів, мінералого-геохімічними особливостями ґрунтоутворних порід, фізико-хімічними характеристиками ґрунтів, ландшафтними і техногенними умовами. У ґрунтоутворних глинистих породах із високим умістом колоїдних фракцій і перетворенням мінералів монтморилонітового типу міститься максимальна кількість мікроелементів. Набагато менше їх у флювіогляціальних, піщаних і супіщаних відкладах та у карбонатних породах (Господаренко, 2010).

Таблиця 2.13. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук мікроелементів, мг/кг (Методика..., 2013)

Ступінь забезпеченості	Мікроелемент					
	Mn*	Zn*	Cu*	Co*	Mo**	B***
Дуже низький	< 5,1	< 1,1	< 0,11	< 0,07	< 0,05	< 0,15
Низький	5,1-7,0	1,1-1,5	0,11-0,15	0,07-0,10	0,05-0,07	0,15-0,22
Середній	7,1-10,0	1,6-2,0	0,16-0,20	0,11-0,15	0,08-0,10	0,23-0,33
Підвищений	10,1-15,0	2,1-3,0	0,21-0,30	0,16-0,20	0,11-0,15	0,34-0,50
Високий	15,1-20,0	3,1-5,0	0,31-0,50	0,21-0,30	0,16-0,22	0,51-0,70
Дуже високий	>20,0	>5,0	>0,50	>0,30	>0,22	>0,70

Примітка. Екстракційний розчин: *ацетатно-амонійний з рН 4,8; **оксалатно-буферний з рН 3,3
***вода.

Таблиця 2.14. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук мікроелементів, мг/кг (Методика..., 2013)

Забезпеченість	Вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту					
	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B
Для культур невисокого виносу мікроелементів (зернові колосові, кукурудза, зернобобові, картопля)						
Низька	<5	<0,1	<1	<0,07	<0,05	<0,1
Середня	5-10	0,1-0,2	1-2	0,07-0,15	0,05-0,15	0,1-0,3
Висока	>10	>0,2	>2	>0,15	>0,15	>0,3
Для культур підвищеного виносу мікроелементів (коренеплоди, овочі, бобові та злакові трави, різнотрав'я, соняшник, сади і виноградники)						
Низька	<10	<0,2	<2	<0,15	<0,2	<0,3
Середня	10-20	0,2-0,5	2-5	0,15-0,30	0,2-0,3	0,3-0,5
Висока	>20	>0,5	>5	>0,30	>0,3	>0,5
Для культур високого виносу мікроелементів (всі культури при високому рівні землеробства – використання зрошення, великих норм мінеральних добрив, високо інтенсивних сортів тощо)						
Низька	<20	<0,5	<5	<0,3	<0,3	<0,5
Середня	20-40	0,5-1,0	5-10	0,3-0,7	0,3-0,5	0,5-1,0
Висока	>40	>0,1	>10	>0,7	>0,5	>1,0

Групування за вмістом рухомих мікроелементів у ґрунтах наведено в таблиці 2.13. Детальніше групування ґрунтів за вмістом рухомих мікроелементів з урахуванням особливостей споживання сільськогосподарськими культурами цих поживних речовин приведено в розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки (Методика..., 2013) (табл. 2.14).

Оптимальним значенням вмісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах України було визначено в методиці розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки (Методика..., 2013), а також у монографії (Теорія..., 2016). Для марганцю ця величина дорівнює 21 мг/кг

Таблиця 2.15. Визначення типу засолення за аніонним складом водної витяжки (Інструкція..., 2002)

Тип (хімізм) засолення	Співвідношення аніонів			Додаткові умови
	$\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^- / \text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$	
Гідрокарбонатний		>2,5	>2,5	
Хлоридний	>2,5	-	-	-
Сульфатно-хлоридний	1,0-2,5			
Хлоридно-сульфатний	0,25-1,0	-	-	-
Сульфатний	<0,25	-	-	-
Содовий		>2,5		
Хлоридно-содовий		1,0-2,5		
Содово-хлоридний		0,25-1,0		$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}, \text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2}$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2}$
Сульфатно-содовий			1,0-2,5	
Содове-сульфатний			0,25-1,0	
Сульфатно- або хлоридно-гідрокарбонатний	-	<1,0	<1	$\text{HCO}_3^- > \text{Na}^+$ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2}$ $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2}$

грунту, для цинку – 5,1 мг/кг ґрунту, для міді – 0,51 мг/кг ґрунту, для кобальту – 0,31 мг/кг ґрунту, для бору – 0,71 мг/кг ґрунту, для молібдену – 0,23 мг/кг ґрунту.

Нестача в ґрунті рухомих форм мікроелементів живлення, як правило, компенсується внесенням органічних та мінеральних добрив, які містять ці поживні речовини або мікродобрив.

Вміст водорозчинних солей

Засолені (галогенні) ґрунти або *солончаки* – це такі ґрунти, які містять у всьому профілі, або в його окремій частині легкорозчинні солі в кількостях, шкідливих для рослин (більше ніж *поріг токсичності*, який дорівнює приблизно 0,20-0,25 %). Як що у ґрунтовому профілі виділяється солонцевий горизонт і родючість лімітується не тільки вмістом водорозчинних солей, а й наявністю натрію в поглиненому стані (детальніше у розділі 2.4), то такі ґрунти називаються *солонцями* і вони розглядаються окремо (див. 2.4).

До легкорозчинних відносяться солі соляної, сірчаної та вугільної кислоти, тобто хлориди, сульфати, гідрокарбонати, а інколи, солі і борної кислоти. У всьому профілю солончаків спостерігаються вицвіти солей, але при наявності вологи у ґрунті солі переходять у розчин й візуально не фіксуються. Характерна така закономірність, що коли солончаки утворилися при засоленні інших типів ґрунтів, то вони зберігають будову й морфологічні ознаки вихідного ґрунту, тому в профілі можуть бути різноманітні ряди генетичних горизонтів.

Джерелами водорозчинних солей у ґрунтах є (Назаренко та ін., 2006; Новикова, 2009; Меліорація ґрунтів..., 2015):

- ґрунтоутворні породи;
- мінералізовані ґрунтові води, що знаходяться на глибині більше, ніж 2 м і впливають на процес ґрунтоутворення;
- моря, затоки, лимани, з поверхні яких солі переносяться вітром (імпульверизація солей);
- деякі види рослинності, які підтягують солі з засолених гірських порід у поверхневі шари ґрунту та акумулюють у процесі мінералізації фітомаси (солянки);
- зрошувальні води, які можуть бути активним фактором вторинного засолення ґрунтів при неправильному зрошенні.

Основною причиною загибелі рослин на засолених ґрунтах є високий осмотичний тиск ґрунтового розчину, який перевищує тиск їх клітинного соку, внаслідок чого зменшується надходження води в окремі тканини, збільшується транспірація, погіршується асиміляція, дихання та утворення цукрів, що призводить до висихання й загибелі рослин. Цей процес має назву *фізіологічна посуха*.

За ступенем засолення (табл. 2.15 та 2.16), залежно від умісту солей виділяють ґрунти незасолені, слабо-, середньо- і сильнозасолені (Меліорація ґрунтів..., 2015). Природні засолені ґрунти є інтразональними ґрунтами, що можуть формуватися у різних природних зонах, але переважно засолені

грунти поширені в посушливих і напівпосушливих зонах і прибережних регіонах усіх кліматичних поясів. В Україні природні засолені ґрунти поширені в пониззі та у дельтах деяких причорноморських річок, по берегах лиманів і мілководних заток Сивашу.

Залежно від складу солей у ґрунті розрізняють кілька основних видів засолення:

- *хлоридне* засолення ґрунтів зумовлене надлишковим вмістом у ґрунті хлориду натрію і хлориду магнію (NaCl , MgCl_2);
- *сульфатне* засолення обумовлене нагромадженням сульфату натрію, кальцію і сульфату магнію (MgSO_4 , CaSO_4 , Na_2SO_4);
- *содове* (карбонатне) засолення пов'язане з наявністю у ґрунті підвищених кількостей гідрокарбонату натрію або інших натрієвих солей (NaHCO_3 , Na_2CO_3).

В Україні переважає содове та хлоридно-сульфатне засолення (Назаренко та ін., 2006). Найбільш шкідливим солями є солі, які містять катіони натрію та аніони хлору – Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaCl ; помірно шкідливими є CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 ; найменш шкідливими є MgSO_4 та CaSO_4 .

Розрізняють засолені ґрунти природного і антропогенного (вторинного) походження. Первинне засолення – природне накопичення солей природного генезису внаслідок або випаровування підґрунтових вод, або засоленості ґрунтоутворних порід. Вторинне засолення спричинене антропогенною зміною водного балансу певної території, як правило, внаслідок розвитку бездренажного зрошення на погано дренованих низинних землях (Меліорація ґрунтів..., 2015). За таких умов створюється додатній сольовий баланс ґрунту, коли накопичення солей перевищує їх винос. Ситуація погіршується якщо ці ґрунти поливаються водами з високою мінералізацією, тобто в сольовому балансі додатна складова зростає. Але можливий і протилежний процес, коли поливи прісними водами вимивають з ґрунту солі, які попадають туди з ґрунтових вод, тобто проходить процес *розсолення ґрунтів*.

Таблиця 2.16. Класифікація ґрунтів за ступенем засолення (за загальним вмістом солей) (Інструкція..., 2002)

Ступінь засолення		Незасоле-ні	Слаб-ко засо-лені	Серед-ньо засолені	Сильно засолені	Дуже сильно засолені
Сума токсичних солей залежно від типу засо-лення, %	Хлоридний (X)	Менше 0,05	0,05-0,15	0,15-0,30	0,30-0,70	Понад 0,70
	Сульфатно-хлоридний (CX)	Менше 0,10	0,10-0,20	0,20-0,40	0,40-0,80	Понад 0,80
	Хлоридно-сульфатний (XC)	Менше 0,20	0,20-0,40	0,40-0,60	0,60-0,90	Понад 0,90
	3 малим вмі-стом гіпсу	Менше 0,30	0,30-0,40	0,40-0,80	0,80-1,20	Понад 1,20
	Сульфат-ний (C) 3 підвищеним вмістом гіпсу	Менше 1,00	1,0-1,20	1,20-1,50	1,50-2,00	Понад 2,00
	Содово-хлоридний (СдХ)	Нема	Нема	Нема	0,20-0,50	Понад 0,50
	Содово-сульфатний (СдС)	Нема	Нема	0,25-0,40	0,40-0,60	Понад 0,60
	Хлоридно-содовий (ХСд)	Менше 0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,50	Понад 0,50
	Сульфатно-содовий (ССд)	Менше 0,15	0,15-0,25	0,25-0,40	0,40-0,60	Понад 0,60
	Содово-хлоридний-гідрокарбонатний (СХГ)	Менше 0,20	0,20-0,40	0,40-0,50	Нема	Нема

Засолені ґрунти без морфологічно визначеного солонцевого горизонту в Україні займають площу в 1,92 млн га, із них сільськогосподарські угіддя – 1,71 млн. га, з яких рілля – 848,2 тис. Серед зрошуваних ґрунтів налічується близько 350 тис. га засолених та 70-100 тис. га вторинно засолених ґрунтів (Меліорація ґрунтів..., 2015).

Діагностика ступеню засолення ґрунтів відбувається у два етапи. На першому, за співвідношенням аніонів та, інколи, і катіонів у сольовій витяжці визначається тип засолення (табл. 2.15), а на другому етапі, виходячи із типу засолення, визначається ступінь засолення згідно загальної кількості солей (табл. 2.16).

Використання засолених земель можливо при реалізації досить коштовних меліораціях, пов'язаних з видаленням із ґрунту водорозчинних солей (розсолоння ґрунтів). Для цього проводять промивку ґрунту високою кількістю прісної води. В умовах зрошуваного землеробства запобігти вторинного засолення ґрунтів можливо лише побудовою ефективного дренажу, що приводить до зменшення рівня ґрунтових вод та припинення

Таблиця 2.17. Вміст гумусу та поживних речовин у чорноземі південному середньосуглинковому слабкоеродованому (землі Навчально-наукового виробничого центру МНАУ, Миколаївський район Миколаївської області, N 46°53'41,7", E 031°40'37").

Генетичні горизонти та їх потужність, см	Вміст гумусу, %	Вміст мінерального (амонійного та нітратного азоту) мг/кг	Вміст рухомого фосфору (за Мачігінім), мг/кг	Вміст рухомого калію (за Мачігінім), мг/кг	Вміст рухомої сірки, мг/кг	Вміст рухомих форм мікроелементів, мг/кг ґрунту					
						марганецю	міді	цинку	кобальту	молібдену	бору
Н 0-28	3,22	16,96	10,35	251,08	10,0	15,1	0,20	2,5	0,10	0,20	0,50
Нр 29-45	1,31	22,07	3,15	83,95	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Ph 46-68	1,03	22,56	1,87	97,40	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
Pk 69-120	0,64	21,55	5,69	83,23	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.

неефективного використання поливних вод, що пов'язано з раціоналізацією режимів зрошення сільськогосподарських культур, впровадження водо зберігаючих технологій поливу, які економлять воду та попереджають її фільтрацію через стінки каналів.

Приклади оцінки якості ґрунту за хімічними та агрохімічними показниками

Треба оцінити якість чорнозему південного слабко еродованого за агрохімічними властивостями, використовуючи дані, наведені у таблиці 2.17.

Що стосується вмісту гумусу, то згідно з групуванням, наведеному у Державному стандарті України щодо якості ґрунтів (ДСТУ 4362:2004), в гумусовому горизонті міститься підвищений уміст гумусу, у верхньому перехідному міститься низький вміст гумусу, у нижньому перехідному та ґрунтоутвірній породі – дуже низький вміст гумусу. Враховуючи, що для більшості сільськогосподарських культур, які вирощуються в Степу (озима пшениця, ярий ячмінь, цукровий буряк, кукурудза на зерно, соняшник) ДСТУ 4362:2004 (див. 3.3) визначає оптимальну кількість вмісту гумусу у

більш ніж 3,5 %, то очевидно, що еродований південний чорнозем, властивості якого аналізуються, не зумовлюється цьому критерію якості ґрунту.

Вміст мінерального азоту за профілем південного чорнозему практично не змінюється (17-23 мг/кг ґрунту) і, згідно з існуючими критеріями (табл. 2.8), відноситься до «середніх» значень. Вміст рухомого фосфору, що визначався за методикою Мачигіна, у всьому профілі, згідно критеріїв ДСТУ 4362:2004 дуже низький (<11 мг/кг ґрунту; табл. 2.9). Якщо порівнювати вміст рухомого фосфору у верхньому гумусовому горизонті з еталонними значеннями, прийнятими для бонітування, то цей показник менший, ніж стандартні значення у 4-6 раз (див. розділ 2.3). Вміст рухомих форм калію в ґрунтовому профілю коливається в межах від 83 мг/кг (горизонт Рк) до 251 мг/кг (у гумусовому горизонті Н). Згідно з критеріями ДСТУ 4362:2004 в гумусовому горизонті спостерігається підвищений вміст рухомого калію, але вниз по профілю вміст цього елементу низький (табл. 2.11).

Для вирощування на чорноземах південних основних культур (озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи, цукрового буряку, соняшнику), згідно з ДСТУ 4362:2004, оптимальний вміст рухомих форм фосфору і калію повинно дорівнювати критерію «високий та дуже високий», що для фосфору дорівнює, при визначенні за методикою Мачигіна, складає більше, ніж 45 мг/кг, а для калію, згідно тієї ж методики, більше, ніж 300 мг/кг.

Вмісту рухомих форм сірки в чорноземі південному, в гумусовому горизонті складає 10 мг/кг. Згідно з існуючими критеріями (табл. 2.12), такий показник відноситься до підвищеного ступеня забезпеченості ґрунту рухомою сіркою.

Вміст основних мікроелементів живлення в гумусовому горизонті чорнозему південного показує на досить строкату картину (табл. 2.13). Спостерігається підвищений вміст марганцю у ґрунті, середній вміст міді, підвищений вміст цинку, низький вміст кобальту, високий вміст молібдену, підвищений вміст бору. Якщо при оцінці вмісту мікроелементів у ґрунті враховувати ступінь їх виносу (табл. 2.14), то при вирощуванні зернових

колосових, кукурудзи, зернобобових, які відносно небагато засвоюють мікроелементів із ґрунту, вміст марганцю у ґрунті є високим, міді – середнім, цинку – високим, кобальту – середнім, молібдену – високим, бору – високим. Якщо на цій ділянці вирощувати соняшник, коренеплоди, злакові і бобові трави, цими культурами з ґрунту виноситься підвищена кількість мікроелементів живлення, то тоді вміст марганцю є середнім, міді – низьким, цинку – середнім, кобальту – низьким, молібдену – низьким, бору – середнім.

Висновок. Оцінка за агрохімічними властивостями чорнозему південного важкосуглинкового слабкоеродованого показує на підвищений вміст гумусу лише у верхньому гумусовому горизонті і на низький його вміст у всьому ґрунтовому профілю, а також середнє значення вмісту мінерального азоту та підвищене значення рухомого калію; при цьому спостерігається дуже низький вміст рухомого фосфору. Забезпеченість ґрунту мікроелементами залежить від вибору сільськогосподарських культур, які плануються тут вирощувати. Існує певний дефіцит міді, кобальту та молібдену, особливо при вирощуванні культур, які виносять з ґрунту підвищену кількість мікроелементів (соняшник, коренеплоди, злакові і бобові трави). А, отже, для ефективного використання ріллі на цих ґрунтах необхідно вносити великі норми органічних добрив та фосфорних добрив, помірні норми мінеральних азотних та калійних добрив, а також вибіркове застосування сірчаних добрив і мікродобрив.

Треба також оцінити якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту в контексті вмісту токсичних солей на основі інформації за трьома зразками, відібраними з орного шару, яка наведена у таблиці 2.18.

Аналіз даних водного витягу показує, що серед аніонного складу найбільшу частка припадає на аніони сірчаної кислоти SO_4^{2-} (0,032, 0,032, 0,040 мг/екв на 100 г ґрунту) та аніони гідрокарбонату HCO_3^- (0,040, 0,032, 0,051 мг/екв на 100 г ґрунту). Враховуючи цей факт, згідно даних таблиці 2.18, необхідно розрахувати співвідношення $\text{HCO}_3^- / \text{SO}_4^{2-}$, яке для першого зразка має значення 1,25, для другого – 0,80, для третього – 1,28. А значить

Таблиця 2.18. Сольовий склад орного шару темно-каштанових ґрунтів АТ «Радсад» Миколаївського району Миколаївської області

Зразок		1	2	3
Глибина відбору, см		0-25	0-25	0-25
Сухий залишок, %		0,18	0,38	0,32
Аніони, мг/екв на 100 г ґрунту	HCO_3^-	0,04	0,032	0,051
	Cl^-	0,004	0,004	0,003
	SO_4^{2-}	0,032	0,04	0,04
	сума	0,078	0,077	0,09
Катіони, мг/екв на 100 г ґрунту	K^+	0,012	0,012	0,016
	Na^+	0,007	0,007	0,007
	Ca^{+2}	0,007	0,007	0,007
	Mg^{+2}	0,004	0,004	0,004
	сума	0,03	0,03	0,04
$\text{HCO}_3^-/\text{SO}_4$		1,25	0,8	1,28
Тип засолення		Сульфатно-содовий	Содово-сульфатний	Сульфатно-содовий
Ступінь засолення ґрунту		Слабо засолений	Середньо засолений	Середньо засолений

для першого та третього зразка тип засолення буде сульфатно-содовий, а для другого – содово-сульфатний. Така діагностика підтверджується і додатковими умовами, які витікають з катіонного складу водного витягу. Дійсно, $\text{HCO}_3^- > (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$, $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2}$, $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2}$ (табл. 2.18).

Висновок. Щодо якості ґрунту в контексті вмісту токсичних солей, згідно з класифікацією (табл. 2.16), перший зразок темно-каштанового важкосуглинкового є слабозасоленим, а другий і третій – середньозасоленим, що накладає певні обмеження щодо використання цих ґрунтів у землеробстві (Назаренко та ін., 2006).

2.4. Фізико-хімічні показники

Ємність катіонного обміну

Тонкодисперсна частина ґрунту (частки розміром менше 0,001 мм) відіграє значну роль у фізико-хімічних процесах, які відбуваються у ґрунті. Колоїдна частина цієї фракції (частки розміром $< 0,0001$ мм) має велику

Таблиця 2.19. Оптимальні значення ЄКО (ДСТУ: 4362: 2004)

Грунти	ЄКО, мг на 100 г ґрунту
Дерново-підзолисті ґрунти супіщані та суглинкові	6-16
Чорноземів типові важкосуглинкові	40-44
Чорноземів типові середньосуглинкові	25-30
Чорноземи звичайні суглинкові	30-45
Чорноземи південні суглинкові	30-40

питому поверхню і високу вбиральну здатність, яка відіграє дуже важливу роль у ґрунтових процесах (Назаренко та ін., 2006).

За хімічним складом колоїди поділяють на мінеральні, органічні та органо-мінеральні. З мінеральних, які переважають у ґрунті, найбільш поширені колоїди кремнезему, глинозему і окисів заліза. Утворюються вони в ґрунті під час хімічного вивітрювання мінералів (кварцу, монтморилоніту, іліту, каолініту тощо). Органічні колоїди складаються переважно з гумусових речовин (гумінових і фульватних кислот, лігніну, протеїну, клітковини, смол тощо), а органо-мінеральні – із сполук гумусових речовин з глинистими та іншими вторинними мінералами. Поверхні колоїдів глинистих мінералів і гумусових кислот мають переважно негативний заряд, а тому цією поверхнею поглинаються і закріплюються на ній катіони ґрунтового розчину (Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^{+} , Al^{3+} , Na^{+} , K^{+} , NH_4^{+} тощо). Загальний вміст у ґрунті всіх обмінно-ввібраних катіонів називається *ємністю поглинання* або *ємністю катіонного обміну* (ЄКО), який виражається у мг.-екв. на 100 г ґрунту і характеризує загальну поглинальну здатність ґрунту. Вона залежить, в першу чергу, від гранулометричного і мінералогічного складу та вмісту в ґрунті органічної речовини. Чим більше в ґрунті мінеральних і органічних колоїдних частинок, тим вище його поглинальна здатність. Ґрунти з малою кількістю колоїдної фракції (це, як правило, малогумусні піщані, супіщані та карбонатні ґрунти) мають невисоку ємність поглинання (Назаренко та ін., 2006).

Відзначимо, що різні катіони мають неоднакову здатність до поглинання. Чим більше заряд (валентність) катіону та його атомна маса, тим

сильніше він поглинається і важче витісняється з поверхні колоїду іншими катіонами. Винятком з цього правила є лише іони водню, які мають найменшу атомну вагу, але, одночасно, мають і дуже високу енергією поглинання та здатність витіснити інші катіони з поглинального комплексу.

ЄКО – один з фундаментальних показників родючості ґрунту. Оптимальні значення ЄКО були визначені для деяких типів та підтипів ґрунтів у ДСТУ 4362:2004 (табл. 2.19). При високих значеннях ЄКО ґрунт здатний довготерміново утримувати велику кількість катіонів поживних елементів, як ґрунтового походження, так і з добрив. Це забезпечує оптимальний режим живлення сільськогосподарських культур та визначає загальний рівень родючості. Іншим показником якості ґрунту, пов'язаний з ЄКО є *буферність ґрунту*, тобто здатність ґрунту протистояти різкій зміні концентрації речовин в ґрунтовому розчині. Чим більша ЄКО, тим більша буферність ґрунту. Іншим чинником буферності ґрунту є певний вміст карбонатів (Назаренко та ін., 2006).

При стабільному гранулометричному складі збільшення величини ЄКО можливе лише при зростанні вмісту органічної речовини у ґрунті, тобто при додатному гумусовому балансі ґрунту. Це можливо реалізувати шляхом внесення великих норм органічних добрив та впровадження у сівозміни сидератів, бобових культур і багаторічних трав.

Склад поглинених основ

Різні ґрунти відрізняються не тільки за загальною ємністю поглинання, але й за складом поглинених катіонів. У більшості ґрунтів у складі ввібраних катіонів переважає Ca^{2+} , друге місце займає Mg^{2+} і в значно менших кількостях знаходяться K^{+} і NH_4^{+} та інші катіони. Сума Ca^{2+} і Mg^{2+} пересічно складає близько 90 % від загальної кількості обмінно-ввібраних катіонів. У ґрунтах Полісся та Карпат з кислою реакцією ґрунтового розчину (зокрема, у дерново-підзолистих та буроземних) серед поглинених катіонів значну

Таблиця 2.20. Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості

Ґрунти	Ступінь солонцюватості, %Na від ЄКО				
	Не солон- цюваті	Слабо солонцю- ваті	Середньо солонцю- ваті	Сильно солонцю- ваті	Солонці
Високогумусні (чорноземи, лучно-чорноземні ґрунти)	<5	5-10	10-15	15-20	>20
Малогумусні (темно-каштанові та каштанові)	<3	3-5	5-10	10-15	>15

частку займають H^+ та Al^{3+} , а у солонцевих ґрунтах Лісостепу і Степу України – Na^+ .

Склад поглинених катіонів має великий вплив на властивості ґрунту та умови росту і розвитку рослин. Зокрема, поглинений кальцій коагулює органічні і мінеральні колоїди, що призводить до утворення агрономічно цінної структури. Оструктурені ґрунти мають найкращі фізичні властивості, зокрема, високу водопроникність і вологомісткість та добру аерацію (Назаренко та ін., 2006).

Насичення ґрунту натрієм (у солонцевих ґрунтів) викликає пептизацію колоїдів, що призводить до їх вимивання з верхнього шару ґрунту та утворення ілювіального (солонцевого) горизонту з вкрай негативними фізичними та хімічними властивостями. В сухому стані такі ґрунти мають високу щільність, тріщинуватість, низьку водопроникливість, а в вологому стані ґрунт стає в'язким та злитим. У безструктурних солонцевих ґрунтах мало повітря. Солонцевий процес інколи призводить до утворення у ґрунтовому розчині соди, що визначає вкрай сильну лужну реакцію ґрунтового розчину ($pH=10-11$), а це робить ґрунт абсолютно неродючим (Назаренко та ін., 2006).

Площа солонцевих ґрунтів в Україні за оцінками Державного земельного кадастру (1996) складає 2,8 млн га, з яких 1,9 га є ріллею. Виділяють власне солонці з великим вмістом Na^+ у ґрунтовому комплексі та

екстремально негативними властивостями та солонцюваті ґрунти, які є по суті, солонцюватими відмінами зональних ґрунтів (чорноземів, каштанових, темно-каштанових та лучних), в яких погіршення родючості не катастрофічне. Солонці та солонцюваті ґрунти займають погано дреновані рівнини, а також річкові тераси та долини річок і балок в Степу та Лісостепу.

Власно солонці за звичайної системи землеробства малопродуктивні і використання їх у землеробстві не доцільне. Але в зв'язку з тим, що часто вони не утворюють суцільних масивів, а проявляються лише окремими плямами посеред поля (до 10-20 % від загальної його площі) на тлі зональних ґрунтів, то меліорація солонців у такому випадку конче необхідна процедура. Для поліпшення властивостей солонців використовують плантажний обробіток ґрунту та хімічну меліорацію сполуками, які містять кальцій (Меліорація..., 2015). Класифікація ґрунтів за ступенем солонцюватості наведена у таблиці 2.20.

Інтенсифікація землеробства в останні 30-60 років призвела до поширення в Україні зрошуваних земель, які поливаються водами високої мінералізації, в яких переважають солі натрію. Полив такими водами супроводжується інтенсивним вилугуванням з ґрунту кальцію та надходженням значної кількості натрію, що різко змінює співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ в поглинальному комплексі на користь натрію. При насиченні (ГВК) ґрунтового комплексу натрієм до 2-5 % від суми увібраних катіонів відбувається пептизація органо-мінеральних колоїдів і розвиток дуже специфічного іригаційного або вторинного осолонцювання. Цей процес супроводжується поступовою агрофізичною деградацією ґрунтів, яка проявляється в ущільненні, утворенні кірки та загальному погіршенні якості макроструктури (Балюк, Носоненко, 2008; Меліорація..., 2015).

Вторинне осолонцювання найбільш інтенсивно проявляється на землях Інгулецької зрошувальної системи (ЗС) (Миколаївська та Херсонська область), Південно-Бузької ЗС (Миколаївська область), Фрунзенської ЗС (Дніпропетровська область), Нижньо-дністровської ЗС та Дунай-

Таблиця 2.21. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості (% Na^+ від суми катіонів) (ДСТУ 3866-99).

Ступінь вторинної солонцюватості	Буферність ґрунтів щодо солонцеватості		
	Низько буферні (вміст CaCO_3 менше 2%)	Середньо буферні (вміст CaCO_3 2-5 %)	Високо буферні (вміст CaCO_3 більше 5 %)
Важкосуглинкові та легкоглинисті			
Не солонцюваті	< 1	< 3	< 5
Слабко солонцюваті	1-3	3-6	5-10
Середньо солонцюваті	3-6	6-10	10-15
Сильносолонцюваті	> 6	> 10	> 15
Легкі та середні суглинки			
Не солонцюваті	< 3	< 5	< 6
Слабко солонцюваті	3-6	5-10	6-12
Середньо солонцюваті	6-10	10-15	12-16
Сильносолонцюваті	> 10	> 15	> 16

Дністровської ЗС (Одеська область). Крім того, в Степовій зоні України існують невеликі площі вторинно-осолонцюваних ґрунтів, пов'язаних з місцевим зрошенням. Площа вторинно осолонцюваних зрошуваних ґрунтів в Україні налічує приблизно 380 тис. га (Меліорація..., 2015). Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості наведено у таблиці 2.21.

Вторинне осолонцювання усувається внесенням у ґрунт кальцієвмісних меліорантів (гіпс, фосфогіпс, вапнякове борошно).

Реакція ґрунтового розчину

Реакція ґрунтового розчину (часто використовується інший термін – «реакція ґрунту») залежить від співвідношення у ньому вільних іонів H^+ і OH^- . Якщо в ґрунтовому розчині концентрація цих іонів однакові, то реакція буде нейтральною, при $\text{H}^+ > \text{OH}^-$ реакція ґрунтового розчину є кислою, а при $\text{H}^+ < \text{OH}^-$ – лужною. Абсолютні показники концентрації іонів водню дуже малі і ними незручно користуватися, тому для позначення реакції ґрунту введений показник рН – десятковий від'ємний логарифм концентрації іонів водню в грамах на 1 л розчину, узятий з протилежним знаком (Назаренко та ін., 2006).

Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (згідно, ДСТУ 4362:2004) наведено у таблиці 2.22.

Таблиця 2.22. Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (ДСТУ 4362:2004; Інструкція..., 2002)

Ґрунти за ступенем кислотності та лужності	pH _{сол}	pH _{вод}	Вміст у водній витяжці, мг-екв.	
			HCO ₃ ⁻	HCO ₃ -Ca
Дуже сильно кислі	< 4,1	<4,5		
Сильно кислі	4,1-4,5	4,6-5,0		
Середньо кислі	4,6-5,0	5,1-5,5		
Слабо кислі	5,1-5,5	5,6-6,0		
Близькі до нейтральних	5,6-6,0	6,1-7,0		
Нейтральні	6,1-7,0	7,1-7,5		
Слабо лужні	7,1-7,5	7,6-8,0		
Середньо лужні	7,6-8,0	8,1-8,5	<0,3	0,5-1,0
Сильно лужні	8,1-8,5	8,6-9,0	0,3-0,9	1,0-2,0
Дуже сильно лужні	> 8,6	>9,1	>0,9	>2,0

Для кожного виду рослин існує певний, найбільш сприятливий для його росту й розвитку діапазон величини реакції ґрунтового середовища. Але найбільш сприятливою для росту і розвитку більшості сільськогосподарських культур є реакція ґрунтового розчину нейтральна або близька до нейтральної (слабо кисла і слаболужна) (pH=6,5-7,5). Сильнокисла і особливо сильнолужна реакція негативно впливає на кореневі системи і пригнічує процес живлення сільськогосподарських культур. Нейтральна реакція ґрунтового розчину до того ж позитивно впливає на корисні ґрунтові мікроорганізми.

Зазначено (Назаренко та ін., 2006), що pH різних ґрунтів України змінюється від 3,5 до 8,0-9,0, а інколи і вище. На півночі і північному заході країни, де вологий клімат, панує підзолистий ґрунотворний процес і наявні, як правило, безкарбонатні ґрунотворні породи, домінують «кислі» ґрунти. Найменші значення pH і, відповідно, найгірші умови для вирощування сільськогосподарських культур формуються в Карпатському регіоні (Закарпатська низовина і Передкарпаття) та в Центральному Поліссі. Так, торф верхових боліт має сильно кислу реакцію (pH<4,0), підзолисті і дерново-підзолисті ґрунти, як правило, кислу (pH=4,0-6,0). Однак бувають і

виключення. У західному регіоні, де зустрічаються випадки формування зональних ґрунтів на породах, які містять багато вапна (крейда, мергель, вапняки), кислотність зменшується до нейтральної (Медведев, Плиско, 2006).

«Кислі» ґрунти мають несприятливі біологічні, фізичні й хімічні властивості, зокрема:

- колоїдна частина кислих ґрунтів бідна кальцієм й іншими основами, внаслідок витиснення кальцію іонами водню із колоїдів гумусового походження підвищуються дисперсність і рухомість гумусу;
- малий вміст у кислих ґрунтах колоїдної фракції призводить до погіршення фізичних і фізико-хімічних властивостей, поганої структури, низької ємності поглинання та невеликої буферності;
- діяльність корисних ґрунтових мікроорганізмів, особливо азот-фіксуючих і бульбочкових бактерій сильно пригнічена;
- утворення доступних для рослин форм азоту, фосфору та інших елементів живлення внаслідок ослаблення мінералізації органічної речовини протікає слабо;
- розвиваються гриби, серед яких багато паразитів та збудників різних хвороб рослин (Назаренко та ін., 2006).

Негативна дія підвищеної кислотності на ґрунт та рослини ще пов'язана зі збільшенням рухомості алюмінію й марганцю в ґрунті які мають високу токсичних дію на рослини. До того ж ці катіони зв'язують аніони ортофосфорної кислоти з утворенням нерозчинних і малодоступних рослинам полуторних фосфатів.

Головним заходом оптимізації реакції ґрунтового розчину «кислих» ґрунтів є внесення вапна (Меліорація ґрунтів..., 2015). На слабкокислих ґрунтах вносять 3-4 т/га, на середньокислих – 5-6 т/га, на сильнокислих – 7-9 т/га врозкид по поверхні ґрунту з подальшим заорюванням. Вапнякові меліоранти рекомендуються вносити під культури, які найбільш чутливі до внесення меліорантів (цукровий буряк, люцерна, конюшина, озима пшениця тощо).

Таблиця 2.23. Оптимальне значення рН ґрунтового розчину для сільськогосподарських культур (Господаренко, 2012; Меліорація..., 2015).

Назва сільськогосподарських культур	рН ґрунтового розчину
Люцерна, еспарцет, цукровий, столовий та кормовий буряк, капуста, часник, коноплі	7,0-7,5
Озима та яра пшениця, озимий та ярий ячмінь, кукурудза, соняшник, горох, соя, квасоля, нут, баклажан, огірки, цибуля	6,5-7,0
Жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, морква, томати	4,5-7,5
Картопля, льон	5,5-6,0
Люпин, середела, щавель	4,0-5,0

Поступове послаблення підзолистого процесу, зменшення кількості опадів, зміна водного режиму ґрунтів з промивного на непромивний, а також переважання лесових ґрунтоутворюючих порід у Лісостепу і Степу призводить до того, що рН розчину ґрунтів цих природних зон наближається до нейтральних та слабколужних значень (зокрема, сірі лісові та чорноземи різних підтипів мають рН від 6,6 до 7,5). Тут формуються найкращі з точки зору реакції ґрунтового розчину умови для вирощування сільськогосподарських культур.

Далі на південь у Сухому Степу зі зростанням аридності та солонцюватості, значення рН темно-каштанових, каштанових ґрунтів та солонців погіршуються до слабко лужних та лужних значень (рН=8,0-9,0) (Медведев, Плиско, 2006). Діапазони оптимальних значень рН ґрунтового розчину для основних сільськогосподарських культур наведено у таблиці 2.23.

Приклад оцінки якості ґрунту за фізико-хімічними властивостями

Треба оцінити якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту за фізико-хімічними властивостями, використовуючи дані за двома розрізами, які наведені у таблиці 2.24.

Величина ЄКО визначається у даному випадку сумою поглинених катіонів, яка дорівнює у верхньому гумусовому шарі ґрунту приблизно 40 мг.-екв. на 100 г. ґрунту, а в нижніх шарах – 34-38 мг.-екв. на 100 г ґрунту. Згідно з

Таблиця 2.24. Фізико-хімічні характеристик темно-каштанових ґрунтів АТ «Радсад» Миколаївського району Миколаївської області

№ розрізу, координати		1. N 46° 51' 38,9" E 31° 56' 40,5"				2. N 46 °51' 36,5" E 31° 56' 37,0"			
Глибина відбору зразку, см		0-20	20-40	40-60	60-80	0-20	20-40	40-60	60-80
Обмінні катіони, мг-екв. на 100 г. ґрунту	Na ⁺	1,1	1,0	0,9	0,6	1,1	1,0	1,1	0,8
	Ca ⁺²	32,7	27,3	27,0	25,7	31,7	31,3	29,3	27,5
	Mg ⁺²	6,3	6,3	5,5	5,3	7,3	8,0	8,0	6,5
	сума	40,1	34,6	33,4	31,6	40,1	40,3	38,4	34,8
	%Na	2,7	2,9	2,7	1,9	2,7	2,5	2,9	2,3
	%Ca	81,5	78,9	80,8	81,3	79,1	77,7	76,3	79,0
Вміст карбонатів, %		3,24	2,16	3,24	5,94	0,54	1,08	6,48	11,89
Буферність ґрунтів		СБ	СБ	СБ	ВБ	НБ	НБ	ВБ	ВБ
Ступінь солонцюватості		НС	НС	НС	НС	СС	СС	НС	НС
Значення рН _{вод}		7,95	8,12	8,05	8,18	8,14	8,32	8,50	8,65
Оцінка рН _{вод}		СлЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СрЛ	СсЛ

Примітка: * НБ – Низькобуферні; СБ – Середньобуферні; ВБ – Високобуферні;

**НС- Несолонцюваті; СС – Слабкосолонцюваті.

*** СлЛ – Слабколужні; СрЛ – Середньолужні; СсЛ – Сильнолужні.

ДСТУ 4362:2004 (табл. 2.19), степові суглинкові ґрунти мають оптимальні величини ЄКО в діапазоні 30-40, а, отже, ґрунти, що розглядаються мають оптимальну ємність катіонного обміну.

Стосовно складу катіонів, то розрахунки показують на досить вузький спектр величин, які характеризують вміст поглиненого натрію – 2,5-2,9 % від ЄКО. І лише у підґрунті (Рк) ця величина опускається до величин у 1,9-2,3 %. Слід зазначити, що вміст поглиненого кальцію у цих ґрунтах стабільно високий (78-82 % від ЄКО). Якщо мова йде про природне осолонцюванні, то згідно з цими критеріями у темно-каштанових ґрунтах, що аналізуються, не спостерігається процес осолонцювання. Але можливо, що наявний ввібраний натрій має антропогенне походження. Наприклад, ці ґрунти колись зрошувалися мінералізованими водами. Тоді оцінка вторинного (антропогенного) осолонцювання важкосуглинкових темно-каштанових ґрунтів буде залежати, згідно ДСТУ 3866-99 (табл. 2.21), лише від буферності ґрунту, яка, в свою чергу, є функцією від умісту карбонатів. Аналіз вмісту

карбонатів у ґрунті показує, що вони змінюється в діапазоні 0,5-11,9 % і залежить, насамперед, від глибини відбору зразку. У підґрунті досить високі значення вмісту карбонатів, а значить і високі показники буферності. У верхніх шарах ґрунту кількість $\text{CaCO}_3 < 3,3 \%$, а тому і буферність ґрунту визначається або низькою, або середньою. Виходячи з цих обмежень ґрунти першого розрізу не солонцюваті, у ґрунтах другого розрізу в шарі ґрунту 0-20 см и 20-40 см спостерігається слабка солонцюватість.

Що стосується значень рН ґрунтового розчину, то, згідно з групуванням (табл. 2.22), ґрунти, що аналізуються відносяться до середньолужних. Виключенням є лише верхній шар першого розрізу, де спостерігається слабколужна реакція, та шар ґрунту 60-80 см у другому розрізі, де ґрунтовий розчин має сильнолужну реакцію (рН=8,65). Приведені дані показують на те, що реакція ґрунтового розчину темно-каштанових важкосуглинкових ґрунтів у всіх випадках виходить за межі оптимальних значень для всіх сільськогосподарських культур. А тому при використанні цих ґрунтів у рільництві ймовірне зниження урожайності з причин лужної реакції ґрунтового розчину.

Висновок. Оцінивши якість темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту за фізико-хімічними властивостями, зазначимо на високе значення ЄКО та прояви певної солонцюватості позитивно вплине, з одного боку, на ефективність мінеральних добрив, але з іншого можуть виникнути проблеми з обробітком ґрунту, зокрема, солонцюватість приведе до зростання витрат на обробіток, що пов'язано, в свою чергу, з підвищенням опору ґрунту. Реакція ґрунтового розчину ґрунтів у всіх випадках виходить за межі оптимальних значень, а тому використання цих ґрунтів у рільництві призведе до певного зниження урожайності сільськогосподарських культур. Ефективнішим заходом, що покращить властивості ґрунту буде внесення кальцієвмісних меліорантів.

3. САНІТАРНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

3.1. Деякі властивості ґрунтів та поведінка забруднюючих речовин у ґрунті

Ґрунтово-геохімічні бар'єри

Ґрунт є *відкритою підсистемою* ландшафтів. Потіки речовини та енергії у ґрунті пов'язані з приземними шарами атмосфери, з поверхневими та ґрунтовими водами, рослинністю. Речовини, що попадають на поверхню з техногенними потоками, *затримуються верхнім горизонтом ґрунтів*. Ще частина елементів проникає всередину ґрунтової товщі низхідними та висхідними токами ґрунтової вологи, а також механічним шляхом внаслідок діяльності ґрунтової фауни (рис.3.1).

У межах ґрунтового профілю потік всіх речовин у т.ч. і техногенних затримуються *ґрунтово-геохімічними бар'єрами*. До них відносяться карбонатні, гіпсові, солонцеві, глейові, ілювіально-залізисті, гумусові та інші. Ґрунтові геохімічні бар'єри проявляються тоді, коли відбувається зміна інтенсивності міграції хімічних елементів на невеликих відстанях, і, як результат, їх накопичення в певних кількостях (Касимов, Перельман; 1999; Назаренко та ін., 2006).

По суті, поява в ґрунтових горизонтах таких природних новоутворень як ортштейни, різні кір (сольових, латеритних тощо) є результатом зміни інтенсивності міграційних потоків у ґрунтовому профілі. Причиною зменшення швидкості потоків речовини в ґрунті і її накопичення є зміни хімічних або фізичних умов міграції різних сполук у тому числі і техногенних.

Потужність ґрунтово-геохімічних бар'єрів у ґрунті може становити від декількох міліметрів до декількох сантиметрів. У загальному випадку фізико-хімічні бар'єри прив'язані до вузьких зон, де контактують (стикаються) дві істотно різні за певними хімічними або фізичними параметрами середовища

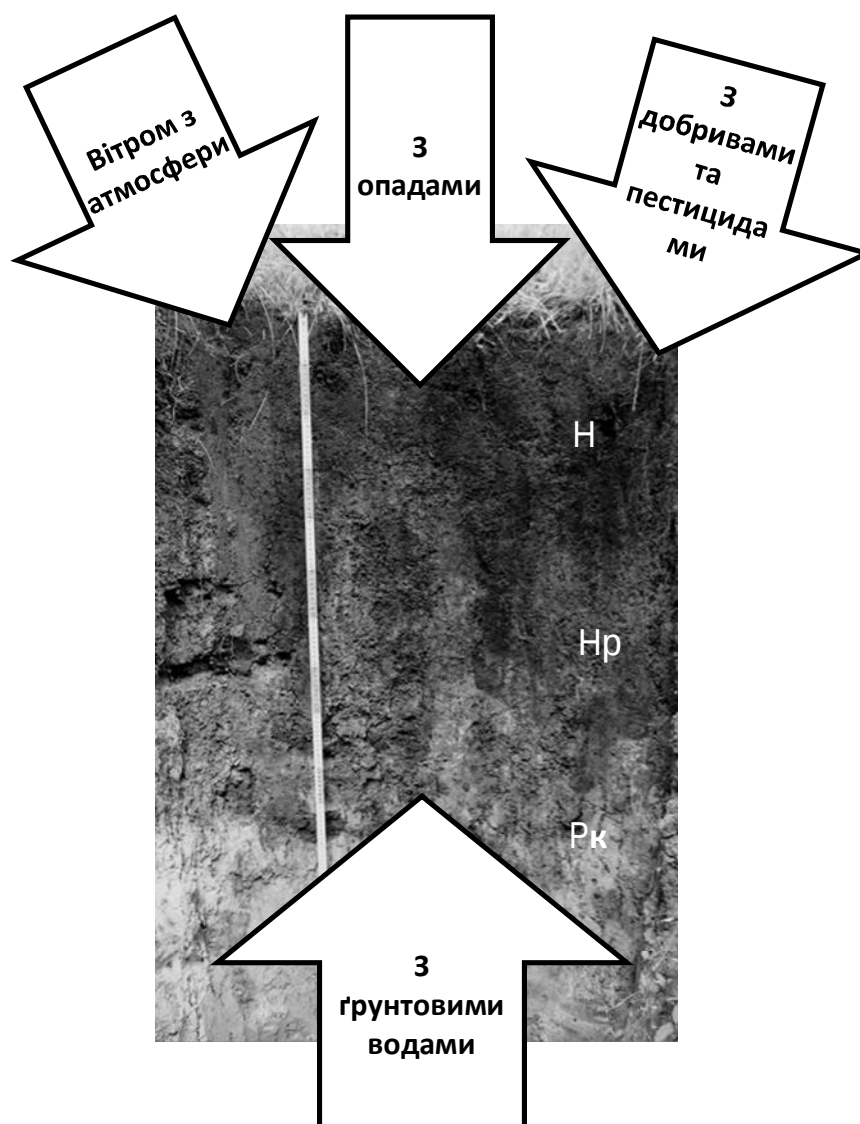


Рисунок 3.1. Основні шляхи забруднення ґрунтів

складові ґрунту. І, як наслідок, ці складові мають різні умови міграції хімічних елементів зазвичай з потоками поверхневих і підземних вод (Касимов, Перельман, 1999; Назаренко та ін., 2006).

Самої по собі зміни умов для виникнення чітко вираженого геохімічного бар'єру недостатньо. Треба, щоб ця зміна була *контрастною* та здійснювалася на невеликому проміжку ґрунтового простору. Якщо ж зміна умов відбувається поступово, на значній відстані в середині ґрунту, то такий бар'єр буде як би «розмитий» в просторі і підвищення концентрацій хімічних елементів-забрудників буде незначним. Але для вивчення загальної картини

міграції хімічних елементів і такі неявні, «розмиті» бар'єри теж потрібно враховувати.

Буферність ґрунтів

Буферність – це здатність ґрунту зберігати генетично притаманні йому або штучно створені потенціали елементів родючості і певною мірою гальмувати (нейтралізувати) зовнішні впливи направлені на зміну цих потенціалів (Трускавецький, 2003). В основу цього визначення буферності ґрунту лежить відомий принцип термодинамічної стійкості Ле-Шатальє. Цей принцип стосовно ґрунтової системи формується наступним чином: *зовнішні впливи, які зрушують відносно урівноважений стан елементів родючості, одночасно стимулюють у ґрунті ті процеси, які намагаються загальмувати результати цього зрушення (Трускавецький, 2003).*

Існує традиційне вузьке визначення поняття «буферність ґрунтів». Це властивість ґрунту підтримувати постійну реакцію ґрунтового розчину. Але в широкому трактуванні «буферності ґрунту» підтримання рН ґрунтового розчину є лише окремою складовою. Визначають, крім того (Трускавецький, 2003):

Азотну буферність - здатність ґрунту зберігати азотну рівновагу в процесі іммобілізації та мобілізації мінеральних форм азоту ґрунту і добрив.

Фосфатну буферність - здатність ґрунту протистояти змінам потенціалу фосфору ґрунтового розчину при внесенні в ґрунт фосфору або споживанні його з ґрунту рослинами.

Калійну буферність - здатність ґрунту протистояти змінам калійного потенціалу ґрунтового розчину при внесенні калійних добрив у ґрунт або споживанні його з ґрунту рослинами.

Буферність солонцевого потенціалу - здатність ґрунту протистояти зміні ґрунтово-вбирного комплексу (ГВК) як основи хімічних меліорацій солонцюватих земель.

Окисно-відновну буферність – здатність ґрунту зберігати окисно-відновний потенціал (ОВП) на певному рівні після внесення окисників або відновників та при змінах коливання вологості і температури ґрунту. Істотно впливає на живий моноліт ґрунту і всі процеси, пов’язані з живленням сільськогосподарських рослин.

Гідробуферність – здатність ґрунту акумулювати й раціонально витрачати депоновану ним продуктивну вологу, а також зберігати оптимальні гідроаеральні умови життєдіяльності рослин під впливом перезволоження чи висушування.

Термобуферність – здатність ґрунту протистояти зміні температурного поля, насамперед, кореневої зони рослин, що істотно впливає на їх ріст і розвиток.

Флуорна буферність - здатність ґрунту протистояти накопиченню флуору (фтору). Фітофлуорна акумуляція не створює небезпеки для рослини. Флуор міцно закріплюється ґрунтом у недоступній для рослин малорозчинній формі, особливо за високої концентрації в ґрунтовому розчині іонів Ca^{2+} . В дерново-підзолистих ґрунтах флуор-буферність значно нижча, ніж у ґрунтах чорноземного типу.

Буферність відносно важких металів - здатність ґрунту протистояти накопиченню важких металів, у тім числі й радіонуклідів.

Кислотну та лужну буферність – здатність ґрунту протидіяти швидким змінам кислотності (лужності) ґрунтового розчину. Буферність в цьому сенсі залежить від хімічного складу і ємності поглинання ґрунту, складу поглинених катіонів і властивостей ґрунтового розчину. Якщо в ґрунт влити трохи соляної кислоти, то можна очікувати підкислення ґрунтового розчину, проте цього не відбудеться, тому що відбудеться обмінна реакція з утворенням нейтральних солей. Якщо додати луг, наприклад соду, то і вона також буде нейтралізована. Буферна здатність ґрунтів буде тим вищою, чим більша їх ємність поглинання. Кислотна та лужна буферність регулює процеси міграції речовин в ландшафтах, проявляючи буферність відносно

забруднюючих речовин: кислі ґрунти можуть нейтралізувати лужні сполуки, карбонатні – нейтралізувати кислі антропогенні випадіння. Частина високотоксичних елементів може переходити у важкодоступні для рослин сполуки, інші елементи, мобільні в даній ґрунтово-геохімічній обстановці, можуть мігрувати в ґрунтовій товщі, представляючи потенційну небезпеку для біоти.

Очевидно, що розчини і суспензії, які рухаються в ґрунтах, контактують з ґрунтовими частинками. Частина молекул та іонів затримується і обмінюється. Здатність твердої фази ґрунту поглинати з ґрунтових суспензій і розчинів то обмінюватися з ними різними речовинами називається *поглинальною здатністю ґрунту*. Розрізняють п'ять видів поглинальної здатності ґрунтів: механічну, фізичну, фізико-хімічну, або обмінну, хімічну і біологічну. Всі форми поглинальної здатності залежать від колоїдної (мулистій) частини ґрунту, а дві з них, фізична і фізико-хімічна, пов'язані з колоїдами ґрунту та їх властивостями. І лише біологічна поглинальна здатність визначається ґрунтовою біотою.

Процеси інфільтрації та капілярного підняття вологи

Вода в природі виконує дві функції: забезпечує багато фізичних і хімічних процесів та є потужною *транспортною геохімічною системою*, яка сприяє переміщенню речовин у просторі. У житті ґрунту вода виконує такі функції: вона є одним із факторів ґрунтоутворення й процесів вивітрювання мінералів; гумусоутворення; хімічні реакції відбуваються тільки у водному середовищі; під впливом води проходить формування ґрунтового профілю; регулювання температури ґрунту відбувається за допомогою води; вона є одним із факторів життя рослин та організмів, а також родючості ґрунтів. Вода у ґрунті зв'язана з ґрунтовими частинками по-різному і має різну рухомість та здатність засвоюватись рослинами (Медведев и др., 2011).

Водопроникність – це здатність ґрунтів всмоктувати й пропускати через себе воду, яка поступає з поверхні. Це одна з важливих ґрунтово-

гідрологічних характеристик, що впливає на особливості формування стоку, водний режим ґрунту. Процес руху води має два етапи: всмоктування (інфільтрація) та просочування (фільтрація). Інфільтрація – заповнення водою вільних пор ґрунту під впливом сорбційних, меніскових, гравітаційних сил і градієнта напору. Фільтрація – безперервний рух води в насиченому ґрунті під впливом градієнта. Межею між всмоктуванням і фільтрацією вважають установлення постійної швидкості фільтрації (Медведев и др., 2011).

Водопроникність ґрунтів знаходиться в тісній залежності від їх гранулометричного складу і хімічних властивостей, структурного стану, щільності, вологості й тривалості зволоженості.

Водопіднімальна здатність характеризує здатність вологи підніматися ґрунтовими капілярами. Через гідрофільність мінеральних ґрунтів їх капіляри добре змочуються водою, в них утворюються увігнуті меніски, які спричиняють поверхневий натяг, що ініціює підняття вологи. Чим тоншими є капіляри, тим вище піднімається волога. Якщо в піщаних ґрунтах максимальна висота капілярного підйому не перевищує 0,5-0,7 м, то в суглинистих вона є на порядок більшою (до 3-6 м), а в глинистих – знову зменшується. Швидкість капілярного підняття вологи також залежить від діаметра капілярів і вологості ґрунту. У посушливих (аридних) умовах підняття вологи здійснюється повільніше, ніж у гумідних. У цілому швидкість підняття вологи здійснюється згідно з кривою параболічного типу (висока швидкість на початку і подальше поступове згасання). При досягненні рівня капілярної вологоємності швидкість підняття вологи падає. Важливу роль при капілярному піднятті вологи відіграє температура, яка дуже впливає на в'язкість води. Капілярні підняття вологи за умови, що кореневмісний шар потрапляє в зону його впливу, набуває великого екологічного значення для ґрунтоутворення та агрономічної практики, оскільки водний і сольовий баланс, процеси оглеєння, живлення рослин та

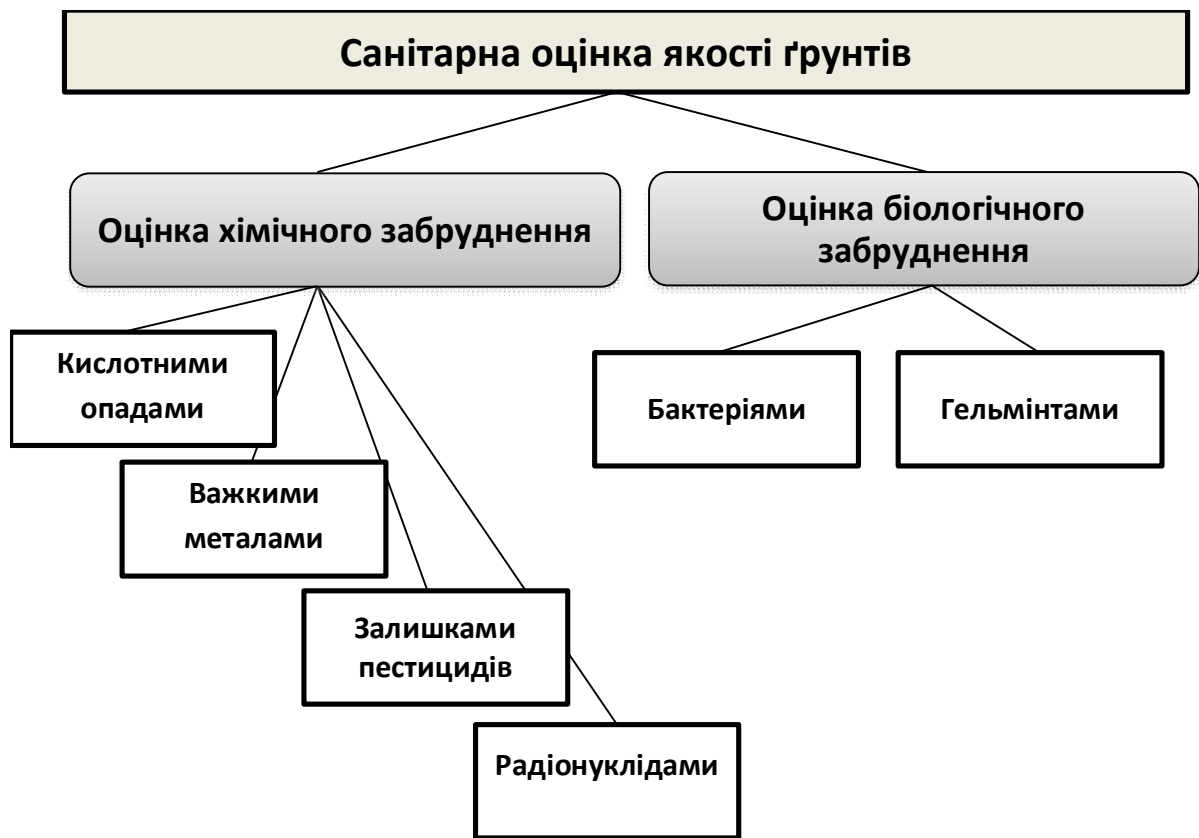


Рисунок 3.2. Санітарна оцінка ґрунтів

багато інших моментів є залежними від капілярного підняття вологи (Медведев и др., 2011).

3.2. Хімічне забруднення та його нормування. Забруднення важкими металами

Важкі метали: вплив на живі організми. Загальні положення

Санітарна оцінка якості ґрунтів складається з оцінки хімічного та оцінки біологічного забруднення. У свою чергу, хімічне забруднення ґрунтів, які використовуються в сільському господарстві ділиться на забруднення важкими металами, залишками пестицидів, радіонуклідами та кислотними опадами (рис. 3.2). Забруднення ґрунтів має різні джерела походження (рис. 3.3).

Важкі метали – це, в першу чергу, впливи, котрі спричиняють такі метали як *кадмій*, *ртуть* та *свинець*, котрі є важчими за залізо (у 2,0-3,7 рази



Рисунок 3.3. Джерела хімічного забруднення ґрунтів

за атомною масою та у 1,1-1,7 за густиною). До важких металів сьогодні включають також *хром, кобальт, нікель, мідь, цинк, миш'як, селен, срібло, кадмій, ртуть, талій і свинець*, окремі сполуки яких можуть бути досить токсичними (Гришко та ін., 2012). Разом із тим варто вказати, що, наприклад, хром легший за залізо на 10% як за атомною масою, так і за густиною, а селен не лише має густину на рівні 61 % від заліза, але й відноситься до неметалів. Залежно від контексту, «важкими металами» можуть називатися навіть легші за вуглець елементи, але не називатися деякі набагато важчі метали. Деякі джерела визначають «важкі метали» як «звичайні перехідні метали, такі як мідь, свинець і цинк, що можуть викликати забруднення навколишнього середовища з численних джерел, включаючи присутність в нафті, промислові викиди та кислотні дощі». Існує також практично синонімічний термін «*токсичні метали*», для якого також не існує чіткого визначення (Гришко та ін., 2012).

Основна мета вивчення важких металів в системі «ґрунт-рослина» це – пошук ефективних заходів, які запобігають або істотно знижують їх надходження в харчові ланцюги людини і сільськогосподарських тварин.

Знання джерел забруднення ґрунтів важкими металами і поведінку металів в системі «ґрунт-рослина» дозволяє успішно боротися із забрудненням рослинницької продукції, одержується з небезпечних територій. Відомо, що основна небезпека отруєння важкими металами загрожує, перш за все, сільськогосподарським тваринам, які харчуються вегетативними наземними частинами рослин, що можуть забруднюватися як аеральним, так і ґрунтовим шляхом. Солома, сіно і бадилля рослин безпосередньо пов'язані з живленням мінеральними елементами з ґрунтового розчину і практично не захищені біологічним бар'єром, роль якого виконує флоєма, що захищає генеративні органи від прямого надходження політантів з транспіраційним потоком, яке поступає з коренів в процесі мінерального живлення у стебла і листя. Генеративні органи рослин, що відповідають за виживання виду, захищені від згубного впливу середовища надійніше, але і вони часто-густо підлягають відносно слабкому забрудненню (Гришко та ін., 2012).

У їжу людини надходять переважно ці частини рослин, а тому гострі отруєння людей важкими металами в результаті поїдання рослинної їжі практично виключені. Однак існує потенційна небезпека хронічного забруднення харчової продукції металами, які мають *негативну кумулятивну дію на організм* (Алексеев, 2008).

Важкі метали першого класу небезпеки

До таких елементів відноситься *кадмій*, концентрація якого в більшості продуктів коливається між 1 і 50 мкг/кг. У ряді країн щоденне надходження кадмію з їжею становить 10-25 мкг/кг. (Мкг – Мікрограм в Метричній системі мір є одиницею вимірювання маси, яка дорівнює мільйонній частці (1/1 000 000) грама (1×10^{-6}) або 1/1000 частці міліграма). О. Гуннансон (1983) наводить оцінку середнього тижневого надходження кадмію в організм дорослої людини в деяких країнах (в мікрограмах): США – 273, Канада – 364, ФРН – 336, Румунія – 266-448, Чехія і Словачія – 460, Швеція – 119.

Існують дані про те, що вміст кадмію в харчових продуктах за останнє сторіччя має тенденцію до зростання, що є результатом забруднення довкілля. Вивчення людських нирок, які зберігаються в музеях з середини XIX століття, показало, що вони містять значно менше кадмію, ніж нирки індивідуумів, які померли в кінці XX століття. Накопичення кадмію в організмі людини і тварин пов'язано з його дуже повільним виведенням. Тому вміст кадмію в організмі людини протягом життя постійно зростає. При народженні він не перевищує 1 мкг, а до 50 років досягає 15-30 мкг. В організм людини кадмій потрапляє як з рослинної, так і з тваринною їжею. Особливо багаті ним печінка тварин, нирки, устриці, мідії і гриби. Використання деяких видів мінеральних добрив під сільськогосподарські рослини, а також вапнування невеликими дозами кислих ґрунтів під зернові злакові культури сприяють надходженню кадмію у зерно і соломі (Алексеев, 2003). В Японії у людей, які тривалий час харчувалися рисом з високим вмістом кадмію (1000 мкг/кг) була виявлена хвороба «ітай-ітай», при якій відбувається остеомеліяція скелета. Причиною захворювання було інтенсивне забруднення рисових полів стічними водами гірничодобувного комбінату, які містили кадмій. В результаті рис, вирощений на цих полях, містив у 10-12 разів більше Cd, ніж рослини з незабруднених ділянок. Однак основне і найбільш поширене джерело надходження кадмію в організм людини – куріння. Листя тютюну можуть збагачуватися кадмієм як аеральним шляхом, в місцях із забрудненою атмосферою, так і ґрунтовим, при використанні фосфорних добрив, які містять велику домішку кадмію, а також при використанні в якості органічних добрив компостів з осаду стічних вод і компостів з побутового сміття, яке забруднене кадмієм. Тому при вирощуванні тютюну необхідно прагнути до зменшення надходження металу в рослину через ґрунт (Алексеев, 2008; Бондарева, 2012)

Ртуть –сусід кадмію по групі хімічних елементів таблиці Менделєєва, метал, який представляє серйозну небезпеку для здоров'я людини. Він виступає в трьох видах: у вигляді неорганічних солей і у вигляді органічних

сполук, які частіше зустрічаються в навколишньому середовищі, оскільки металева ртуть може під дією мікроорганізмів трансформуватися в органічні лужні сполуки. Найбільшого поширення в середовищі існування людини має метилртуть. Кількість ртуті в харчових продуктах не повинно виходити за межі 5-20 мкг/кг. Перша величина відноситься до соків, друга – до овочів.

Однак історія землеробства не знає випадків, коли б вирощені на забрудненому субстраті рослини приводили до серйозних отруєнь людей ртуттю. Випадки масового отруєння цим елементом спостерігалися лише після помилкового вживання в їжу зерна, протравленого препаратами, що містять ртуть. Раніше для боротьби з грибковими захворюваннями зернових культур під час передпосівної обробки насіння широко використовувалися фунгіциди, що включають сполуки ртуті. Так, гранозан, хімічна формула якого C_2H_5HgCl , містить 75,6 % ртуті. У сільському господарстві використовувався 2 % дуст цієї сполуки (Алексеев, 2008; Гришко та ін., 2012).

Третім металом, що становить небезпеку для здоров'я і поширений в агроландшафтах, є *свинець*. Основний шлях забруднення сільськогосподарських рослин та ґрунтів у даному випадку – аеральний. Це пов'язано з тим, що тривалий час тетраетил свинець інтенсивно використовувався для збільшення октанового числа бензину. Забруднення рослин свинцем спостерігалось в першу чергу вздовж завантажених автомагістралей. Б. Нікіфоров та ін. (1979) вважають, що за інтенсивністю забруднення атмосфери свинцем цементні заводи можна поставити в один ряд з автотранспортом і металургійним виробництвом. Радіус забруднення вод, ґрунту і рослин їх викидами досягає 30-40 км від джерела. З часом, в міру надходження свинцю в придорожній ґрунт, до аерального забруднення рослин додається ґрунтовий. Але цей шлях менш небезпечний, бо в ґрунті велика ймовірність переходу свинцю в малорозчинні сполуки: сульфати, фосфати, карбонати та ін. Щоденне надходження свинцю з їжею людини становить близько 35 мкг з великою варіацією день від дня, а також між

індивідами. Основним джерелом свинцю в раціоні людини в Західній Європі є виноградне вино (від 10 до 200 мкг/л). Добре вимита і очищена рослинна їжа не може служити серйозним джерелом надходження свинцю в організм людини, тому що забруднення рослин відбувається переважно механічним шляхом в результаті дифузії свинцю з забрудненого ґрунту у бульби і коренеплоди, а також внаслідок осідання сполук свинцю з атмосфери на поверхні стебел, листя і плодів – в основному у вигляді оксидів. Нормальна абсорбція свинцю з травного тракту становить 5-10 %. Величина її, ймовірно, збільшується у людей, які страждають нестачі кальцію і заліза в організмі. Місце акумуляції свинцю – скелет, в якому міститься близько 90 % всього, що елемента надійшов в організм. Звільнення кісткової тканини від свинцю процес тривалий, з періодом напіввиведення 5-50 років (Алексеев, 2008; Бондарева, 2012).

Інші важкі метали

Окрім трьох самих найнебезпечніших для людини металів є й інші, менш небезпечно для людини, але також здатні забруднювати рослинницьку продукцію. Серед них особливе місце займає *нікель*, який має достатню рухомість в кислих ґрунтах і добре засвоюється рослинами. Цей елемент широко використовується в господарській діяльності. У більшості харчових продуктів вміст нікелю не перевищує 1 мкг/кг. Висока концентрація (від 2 до 10 мкг/кг) виявлена лише в деяких видах горіхів і бобів. Абсорбція нікелю з травного тракту становить близько 3 %. Абсорбований нікель з'являється в виділеннях дуже швидко і виявляється головним чином у сечі. Час напіввиведення – 1-2 дні. Нікель має мутагенну дію на організм.

Хром. Тривалентний хром необхідний для нормального функціонування організму людини. Він бере участь в метаболізмі глюкози, холестерину і жирів. Дефіцит хрому призводить до втрати ваги і викликає діабетичний синдром. Щоденне надходження хрому з їжею становить близько 60 мкг. Його надходження з травного тракту в інші органи організму

дуже низьке, лише 0,2-0,4 % від введеної дози. Засвоєння найбільш токсичного шестивалентного хрому трохи вище (2-6 %). У плазмі і м'язових клітинах відбувається відновлення шестивалентного хрому у тривалентний, що зменшує його токсичність (Алексеев, 2008).

Кобальт. Надходження з їжею становить 5-45 мкг в день. Абсорбція кобальту з їжі - 30-40 %. За деякими даними, малі кількості абсорбованого кобальту затримуються в організмі на місяці. Кобальт входить до складу вітаміну B12 і необхідний людському організму в цій формі (Алексеев, 2008).

Миш'як. Цей елемент відноситься до неметалів, але вважається досить токсичним. Він розповсюджений у довкіллі в тривалентних і п'ятивалентних сполуках. Арсенат свинцю і метиловані сполуки миш'яку використовуються як гербіциди. Миш'як, що надходить в організм з їжею, ефективно абсорбується з травного тракту і виводиться з сечею як метілмиш'якова і диметил-миш'якова кислоти. Менша частина абсорбованого миш'яку (до 20 %) виводиться з сечею без метилювання. Принаймні, 50 % проковтнутого миш'яку виділяється з сечею протягом тижня. Таким чином, елемент володіє коротким часом напіввиведення. Рослини в змозі накопичувати екстремально високі кількості миш'яку: понад 6000 мг на кг сухої маси і понад 8000 мг на кг золи. Однак отруєння тварин миш'яком через овочі та кормові рослини мало ймовірні (Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989). Отруєння і хронічні захворювання можуть спричинятися неорганічними сполуками миш'яку. Миш'як характеризується як отруйна речовина, яка негативно діє на метаболізм і, можливо, володіє канцерогенними властивостями (Алексеев, 2008).

Сурма. Цей елемент дуже часто зустрічається разом з миш'яком. Ці два неметали мають кілька тотожних хімічних і фізичних властивостей. Сурма зустрічається в трьох-і п'ятивалентних формах. Денне надходження її з їжею в організм людини становить близько 10 мкг. Сурма не вважається життєво необхідним елементом для людини, проте її розчинні форми споживаються

рослинами з ґрунтів. У їстівних рослинах концентрація сурми коливається в межах 0-4,3 мкг/кг маси (Алексеев, 2008).

Ванадій. Значення елемента для організму людини було встановлено в тридцяті роки минулого століття. Недолік ванадію в раціоні може привести до карієсу зубів. Ванадій знижує вміст вільного холестерину в плазмі, пригнічує активність трипсину і пепсину, посилює гідроліз гексозодіфосфату. У харчовому раціоні людини істотним джерелом ванадію може служити рослинна їжа. Його вміст у рослинах становить в середньому 1 мкг на кілограм сухої маси. В кінських бобах було виявлено 12 мкг/кг ванадію (Алексеев, 2008).

Стронцій – елемент, що відноситься до третього класу небезпеки, якому приписується основна участь у розвитку дуже серйозного ендемічного захворювання людей і тварин, так званої уровської хвороби (за назвою річки Уров); друга назва– хвороба Кашина-Бека. Вона поширена в російському Забайкаллі, Приамур'ї і Північній Кореї. Вона вражає опорно-руховий апарат і виникає, мабуть, в період зародження організму, точніше, з початком формування кісткового скелета. Вивчення геохімічної ситуації в цьому регіоні показало, що ґрунти і води в ньому характеризуються відносно низьким вмістом кальцію, калію, натрію і високим вмістом стронцію і барію. Отже, небезпека стронцію виникає при порушенні оптимального співвідношення (балансу) лужних і лужноземельних елементів в ґрунтах і рослинах. При нестачі кальцію в їжі і питній воді, на тлі підвищеного вмісту стронцію, останній починає заміщати кальцій в процесі формування кісткового скелета. Зменшення співвідношення Ca/Sr в овочевих і кормових рослинах, використання в сільському господарстві засобів хімізації, які містять у вигляді природної домішки стронцій, повинні бути під увагою у лікарів-гігієністів. Необхідно прагнути до того, щоб співвідношення Ca/Sr в рослинницької продукції було більше, ніж 100. В цьому випадку небажані порушення в організмах людини і тварин малоймовірні (Алексеев, 2008).

За показниками канцерогенної токсичності хімічні елементи утворюють наступний ряд:

As>Cr>Ni>Pb=Cd=Hg, а за небезпекою мутагенезу, відповідно: Cr>As>Ni>Hg>Cd>Pb (Алексеев, 2008).

3.3. Забруднення ґрунту радіонуклідами

Радіонукліди та іонізуюче випромінювання (радіоактивність)

Термін «радіонуклід» означає «ядро (від лат. nucleus), що здатне до випромінювання» (від лат. «radius» – промінь). Синонім слова «радіонуклід» – радіоактивний ізотоп. Радіонуклід це нестійке утворення, здатне до самовільної трансформації, яке супроводжується викиданням назовні утворених або вилучених з його складу частинок (або "проміння"), що визначають *радіоактивність* (Корсак, 2004). Радіонукліди найчастіше виділяють γ і β випромінювання, значно рідше – α -частинки.

Альфа-частинка(α -частинка) це позитивно заряджена частинка, яка випромінюється ядрами деяких радіоактивних атомів. Потік α -частинок іноді називають α -променями. Кожна альфа-частинка складається з 2 нейтронів і 2 протонів, тобто є ядром атома гелію $^4\text{He}^{2+}$. Альфа-частинки є одним з продуктів спонтанного розпаду радіоактивних ізотопів, таких як радій чи торій (Корсак, 2004).

Бета-випромінювання це потік електронів, що виникає при бета-розпаді, які летять із величезною швидкістю (наближеною до швидкості світла).

Гамма-випромінювання або гамма-промені – електромагнітне випромінювання найвищої енергії з довжиною хвилі меншою за 1 ангстрем. Утворюється в реакціях за участю атомних ядер і елементарних частинок в процесах розпаду, синтезу, анігіляції, при гальмуванні заряджених частинок великої енергії. Одним із процесів утворення гамма-квантів є випромінювання радіоактивним ядром, яке було утворене в збудженому

стані. Гамма-квант випромінюється за переходу ядра зі збудженого стану в основний. За цього не змінюються ні атомний номер, ні масове число ядра (Корсак, 2004).

Важливою характеристикою радіонуклідів є їх *період напіврозпаду* - проміжок часу, протягом якого розпадається половина кількості ядер радіоактивного ізотопу (які перетворюються в інший елемент або ізотоп). Вимірюється тільки період напіврозпаду, тому що повного розпаду ніколи не відбувається. Період напіврозпаду залишається постійним при будь-якій температурі і тиску, але сильно різниться у різних ізотопів.

Радіоактивність визначається через кількість ядерних розпадів за одиницю часу. В міжнародній системі СІ одиницею кількості радіоактивності є *Беккерель* (1 Бк=1 розп/с). Ще одною одиницею активності є *кюри* (1 Кі = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк). Одиниця визначена за розпадом 1 грама ізотопу Радію-226 (Корсак, 2004).

Радіоактивність ґрунту

Залежно від характеру накопичення радіоактивних елементів в ґрунтах розрізняють *природну* і *штучну* радіоактивність.

Природна радіоактивність ґрунтів зумовлюється природними радіоактивними елементами, які завжди є в ґрунтах і у ґрунтоутворюючих породах. Їх поділяють на дві групи: первинні і космогенні. Первинні елементи, що ті що надійшли в ґрунт з ґрунтоутворюючих порід або з геохімічним потоком з інших територій. Це або елементи, всі ізотопи яких є радіоактивними – уран (17 ізотопів, зокрема ^{238}U , ^{235}U), актиній (14 ізотопів), торій (12 ізотопів, зокрема ^{232}Th), радий (^{226}Ra) та радон (^{222}Rn , ^{220}Rn). Або ізотопи «звичайних» елементів, які здатні до радіоактивного розпаду (^{40}K ; ^{87}Rb ; ^{48}Ca ; ^{96}Zr та ін.). Найбільшу природну радіоактивність з цих елементів має калій. Космогенні радіоактивні ізотопи надходять в ґрунт з атмосфери, де вони виникають в результаті взаємодії космічного

випромінювання з ядрами стабільних елементів. До цієї групи належать тритій (^3H), берилій (^7Be , ^{10}Be) і вуглець (^{14}C) (Корсак, 2004).

Процес природної радіоактивності супроводжує Землю так давно, як давно існують на ній живі організми. З цієї причини все живе на Землі виникало, існувало та розвивалося при безперервному впливі цього геофізичного фактору. Концентрація природних радіонуклідів у ґрунтах істотно збільшується внаслідок технологічних процесів, пов'язаних з видобутком, переробкою та складуванням мінералів, які містять радіоактивні ізотопи, виробництвом і внесенням деяких мінеральних добрив; спалювання вугілля на теплових і електростанціях і т. п.

Вміст урану в промислових рудах складає в середньому 0.1-0.2%, тобто більш ніж 99,9% складають радіоактивні відходи. Результатом цього є надходження і концентрування на денній поверхні величезної кількості природних радіонуклідів. Найбільшу небезпеку в цьому випадку представляють елементи 3-х радіоактивних сімейств ^{235}U , ^{238}U , ^{232}Th і продукти їх розпаду. Джерелами забруднення території радіоактивними елементами на *етапах видобутку урану* є кар'єри, шахти, хвостосховища; виділення радіоактивних газів, в першу чергу, радону з руд і відходів; застосування рудних порід як місцевих будівельних матеріалів, зокрема при будівництві доріг. Рівень випромінювання в деяких районах, зокрема у населених пунктах (Кропивницький, Жовті Води) прилеглих до копалин в 30-100 разів перевищує фонові значення (Корсак, 2004).

Неминуче радіоактивне забруднення ґрунтів відбувається природними радіонуклідами в результаті *виробництва і застосування калійних добрив*. Зокрема калійні добрива є джерелом додаткового надходження ^{40}K в ґрунт. Після внесення деяких видів калійних добрив у ґрунт вміст ^{40}K становить 37-1100 Бк/кг, тоді як у добривах вміст ^{40}K становить приблизно 6000 Бк/кг.

Природні фосфорити, як правило, містять в 10-100 разів більше урану, ніж його середній вміст у земній корі. Іноді концентрація урану в фосфоритах досягає промислових величин. Тривале використання

фосфорних добрив призводить до значного збільшення вмісту урану та продуктів його поділу в ґрунтах. При цьому найбільше зростає кількість доступних для рослин форм радіонуклідів: водорозчинних в 10 разів, кислоторозчинні в 4 рази, порівняно з вихідною породою. Водночас з цим при видобутку фосфоритів і їх переробці утворюються величезні відвали із *фосфогіпсу* з вмістом радіонуклідів у них вище, ніж ГДК. Це створює проблеми, пов'язані з переробкою і захороненням таких відходів, а також рекультивацією даних територій. При постійному використанні фосфогіпсу як меліоранту солонців та солонцевих ґрунтів можливе накопичення радіонуклідів, зокрема ^{90}Sr .

Штучна радіоактивність обумовлена надходженням у ґрунт радіоактивних ізотопів, що утворюються в результаті атомних вибухів в атмосфері, при утилізації відходів атомної промисловості, а також у результаті аварій на атомних підприємствах та випадкових попаданнях у довкілля. Найбільшу небезпеку з цієї точки зору викликають ізомери ^{90}Sr і ^{137}Cs , оскільки саме вони обумовлюють штучну радіоактивність, характеризуються тривалим періодом піврозпаду (близько 30-ти років), мають високу енергію випромінювання і здатні активно включатися в біологічний кругообіг. Загальним для ^{90}Sr і ^{137}Cs є досить повне їхнє поглинання твердою фазою ґрунту, тому основна їхня кількість (80-90 %) закріплюється у верхньому горизонті (0-10см). При цьому найбільшу сорбцію мають ґрунти з високим вмістом гумусу, багаті мулистою фракцією і з монтморилонітовим та гідрослюдяним складом глинистих мінералів. За своїми властивостями ^{90}Sr близький до кальцію, а ^{137}Cs до калію. Тому поведінка цих радіоізотопів у ґрунті подібна до поведінки кальцію і калію. Значна частина радіонуклідів цезію і стронцію фіксується ґрунтами за типом обмінного поглинання, хоча ^{137}Cs здатний і до необмінного поглинання. Міграція радіонуклідів також залежить від міцності зв'язків із ґрунтом. У легких ґрунтах вона більш інтенсивна ніж у важких.

Забруднення значної території України після аварії на Чорнобильській АЕС є теж джерелом штучної радіоактивності.

Динаміка радіоактивних елементів у ґрунтах

Вміст в ґрунтах радіоактивних елементів незначний і тому вони не впливають на зміну основних властивостей ґрунту: реакцію ґрунтового розчину, рухомість елементів живлення рослин тощо. Важливе значення для характеристики ґрунтів має гранична концентрація радіоактивних речовин, які надходять з ґрунту в рослинні організми, розподіл їх по профілю та швидкість самоочищення ґрунту від радіоактивного забруднення.

Динаміка радіонуклідів у ґрунтах була добре вивчена на забрудненій в результаті аварії на Чорнобильській АЕС території (ЧАЕС). В ґрунти навколишніх територій потрапили різні радіоактивні елементи (^{134}Cs , ^{137}Cs ; ^{141}Cs ; ^{144}Cs ; ^{90}Sr та інші). Найбільша частина від їх суми припадає на ^{134}Cs ; ^{137}Cs і ^{90}Sr . Проведені в 1986-1989 роках геохімічні дослідження ґрунтів у 30-кілометровій зоні ЧАЕС показали, що механізми міграції даних елементів різноманітні і залежать від форми сполук, в складі яких були вони викинуті з реактора, особливостей клімату і властивостей ґрунту. В основному переміщення радіонуклідів відбувається внаслідок біологічного перемішування ґрунтової маси, вилуговування часток радіоактивного пального крізь пори ґрунту та руху ґрунтової вологи, яка містить розчинені і колоїдні форми радіоактивних елементів (Надточій та ін, 2010).

Потрапляючи в ґрунт, частки радіоактивного пального зазнають хімічних змін, в результаті чого виникають обмінні і необмінні форми сполук. Обмінні форми вбираються ГВК в кількості, яка зумовлена ємністю вбирання цього ґрунту. Наприклад, оскільки дерново-підзолисті ґрунти Київського та Житомирського Полісся мають низьку ємність вбирання, то обмінні форми ^{90}Sr і ^{137}Cs фіксуються ґрунтом лише частково (Надточій та ін., 2010). В цих ґрунтах швидкість вилуговування ^{90}Sr більша, ніж швидкість його закріплення. Частина цього ізотопу в розчиненому стані

мігрує в нижні горизонти ґрунту. Але при випаданні таких сполук на ґрунти з високою ємністю вбирання (сірі лісові, чорноземи, каштанові) проходить майже повне їх закріплення ґрунтом.

^{90}Sr і ^{137}Cs за хімічними властивостями є аналогами Ca і K . Тому поведінка їх в біологічному кругообігу речовин подібна до поведінки зазначених елементів. Кореневі системи рослин однаково засвоюють як кальцій, так і стронцій, як калій, так і цезій. Щоб зменшити засвоєння рослинами зазначених радіоактивних ізотопів, треба підвищувати концентрацію Ca і K внесенням мінеральних добрив (Надточій та ін, 2010; Романчук, 2012).

Розподіл радіоактивних елементів по профілю ґрунту залежить від гранулометричного складу і водного режиму. На глинистих і суглинкових ґрунтах з непромивним режимом основна частина радіонуклідів антропогенного походження протягом багатьох років зберігається у верхньому (до 10 см) шарі. Отже, швидкість вертикальної міграції на таких ґрунтах дуже низька. Значно швидше мігрують радіонукліди вглиб піщаних ґрунтів. За 10-15 років вони проникають на глибину до 40-50 см. При досягненні рівня ґрунтових вод вони починають мігрувати горизонтально і можуть потрапити в гідрологічну мережу (Іванов, 2004).

Отже, процес самоочищення ґрунтів від радіоактивного забруднення залежить від тривалості життя радіоактивних ізотопів та їх міграційної здатності. Прискорити цей процес можна лише вивезенням з поля біомаси рослин, яка ввібрала радіоактивні елементи з ґрунту.

Вторинний горизонтальний перерозподіл радіонуклідів пов'язаний ще і з процесами водної та вітрової ерозії. В залежності від інтенсивності розвитку ерозійних процесів уміст радіонуклідів в орному шарі в депресивних елементах рельєфу може підвищуватися на 75 % від початкових значень. Відповідно змінюються в часі і коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини. Перехід в зернові культури і сіно багаторічних трав цезію-137 за післяаварійний період у порівнянні з 1986-88 роками зменшився на

порядок, але інтенсивність транслокації стронцію-90 практично не змінилася (Надточій та ін., 2010; Романчук, 2012).

Вміст радіонуклідів у сільськогосподарській продукції залежить не тільки від щільності забруднення, але і від типу ґрунтів, їх гранулометричного складу і агрохімічних властивостей, а також біологічних особливостей вирощуваних культур. Доступність радіонуклідів рослинами і рівень забруднення продукції залежить від міцності фіксації як цезію-137, так і стронцію-90 у ґрунті. За період з 1987 по 2015 роки частка фіксованого цезію-137 збільшилася майже у 3 рази і становить 83-98 % від його валового вмісту. Для стронцію-90, навпаки, характерне переважання доступних для рослин форм, частка яких становить лише 57-81 % від валового вмісту і має тенденцію до підвищення в часі. Для забезпечення прогнозу забруднення сільськогосподарської продукції необхідно періодично уточнювати коефіцієнти переходу радіонуклідів з ґрунту в урожай.

Подальша міграція радіонуклідів за біологічними харчовими ланцюгами залежить, перш за все, від їх розчинності. При випаданні таких частинок на силікатні ґрунти зазвичай відбувається тільки механічне забруднення рослин. А при випаданні радіоактивних частинок, що містять радіоактивний ^{14}C на поверхню рослинного покриву, радіонукліди здатні проникати через листя і стебла рослин, та накопичуватися в них (Іванов, 2004; Господаренко, 2010; Надточій та ін, 2010; Романчук, 2012).

3.4. Забруднення ґрунтів пестицидами

Хлорорганічні пестициди

Хлорорганічні пестициди – найбільш стійкі, токсичні та колись дуже поширені препарати з надвисокими і вираженими кумулятивними властивостями, високою і помірною стійкістю у довкіллі. Введення хлору в органічну сполуку надають їй біологічну активність, яка проявляється у блокуванні важливих біологічних процесів в мікроорганізмах, рослинах та

тваринах, тому вони використовуються для боротьби з шкідливими або небажаними мікроорганізмами, рослинами та тваринами. Високотоксичні, нейротропні отрути, уражають кровотворну систему, печінку, нирки, змінюють гормональну систему та згубно впливають на розвиток ембріона. Також в процесі виробництва цих пестицидів і в ході їх метаболізму в довкіллі утворюються *діоксини*.

У минулі роки хлорорганічні пестициди, широко застосовували для захисту рослин від комах і кліщів (ДДТ, ГХЦГ, гептахлор, поліхлорпінен, поліхлоркамфен та ін.) У зв'язку з тим, що більшість хлорорганічних пестицидів повільно руйнуються в довкіллі, накопичуються в тканинах продуктивних тварин і тим самим знижують санітарну якість харчових продуктів, їх застосування в сільському господарстві України заборонено (Проданчук, 2003; Горбатов, 2008).

Фосфорорганічні пестициди

Фосфорорганічні пестициди являють собою складні ефіри: фосфорної кислоти – діметилдіхлорвінілфосфат (ДДВФ); тіофосфорної – метафос, метіл-нітрофос; дітіофосфорної – карбофос, рогор. Перевагою фосфорорганічних пестицидів є їх відносно мала хімічна і біологічна стійкість. Велика частина їх розкладається в рослинах, ґрунті, воді протягом одного місяця, але окремі інсектициди та акарициди можуть зберігатися протягом року. Основними реакціями розкладання практично всіх фосфорорганічних пестицидів є гідроліз і окислення. Ці реакції протікають як у атмосфері, так і у воді, ґрунті та у більшості біологічних систем. В анаеробних умовах під впливом мікроорганізмів можуть протікати процеси відновлення. Швидкість гідролізу залежить від рН і температури.

Розкладання органічних сполук фосфору у воді, у ґрунті й у рослинному і тваринному організмах протікає значно швидше і з утворенням найпростіших нетоксичних продуктів, хоч у деяких випадках на першій стадії метаболізму утворюються речовини більш токсичні, ніж вихідний

продукт. Досить швидко відбувається деградація органічних сполук фосфору під впливом мікроорганізмів, а також в організмах комах і кліщів. Для вивчення можливості забруднення пестицидами об'єктів довкілля необхідно враховувати не тільки швидкість розкладання основної речовини з утворенням продуктів, які володіють меншою токсичністю, а й швидкість розкладання усіх продуктів до найпростіших сполук (CO_2 , H_2O , H_3PO_4 та ін.).

Пестициди, що відносяться до фосфорорганічних речовин, за невеликим винятком, є високо і середньотоксичними, володіють слабо вираженими кумулятивними властивостями, досить швидко інактивуються в довкіллі. Механізм їх токсичної дії пов'язаний з розладом функцій центральної та периферійної нервової системи (Горбатов, 2008).

Ртутьорганічні сполуки

Найбільш несприятливими властивостями з гігієнічної точки зору володіють *ртутьорганічні сполуки* - гранозан і меркуран. Вони відносяться до сильнодіючих сполук за токсичністю, довгостроково зберігаються у довкіллі та мають яскраво виражені кумулятивні властивості. Потрапляючи в організм людини, вони депонуються в печінці, нирках, головному мозку. Зв'язування ними сульфгідрильних груп тканинних білків призводить до різноманітних метаболічних зрушень і порушень функцій життєво важливих органів і систем.

Сфера застосування гранозана і меркурана в сільському господарстві вельми обмежена: вони використовуються тільки для *протруювання призначеного для посіву зерна з метою забезпечення його збереження і високої схожості*. При цьому зерно фактично перестає бути харчовим продуктом через надзвичайно високої концентрації в ньому отрутохімікатів.

Пестициди, що є ртутьорганічними сполуками, використовують в сільському господарстві для захисту рослин від бактеріальних і грибкових захворювань. Вони застосовуються у вигляді порошків і розчинів для протруєння насіння зернових, технічних, овочевих і декоративних культур.

Найбільш широко використовуються такі: 1) етилмеркурхлорид, що є основою гранозану; 2) етилмеркурфосфат; 3) меркуран – суміш етилмеркурхлориду і гаммаізомерагексахлорана. Всі препарати цієї групи мають високу токсичність, стійкість і яскраво виражені кумулятивні властивості. Органічні сполуки ртуті, проникаючи в організм через органи дихання і шлунково-кишковий тракт, затримуються в мозку, печінці, нирках, стінці жовчного і сечового міхура.

Попадаючи в організм, отрута легко переходить гемато-енцефалічний бар'єр і вибірково вражає мозок. Виділення проходить повільно через нирки і кишковик. Ртутьорганічні сполуки відносяться до ферментних отрут, що зв'язують сульфгідрильні (тіолові) SH-групи. Різко порушується функція ферментних систем, що проявляють активність лише при наявності вільних SH-груп. Дезактивація тіолових груп багаточисельних ферментів вуглеводного, жирового і білкового обміну викликає глибокі трансформації в тканинному просторі (Проданчук, 2003; Горбатов, 2008)

Похідні карбамінової кислоти

Похідні *карбамінової кислоти* займають значне місце серед сучасних пестицидів через те, що вони є високоефективними інсектицидами, фунгіцидами, гербіцидами. До препаратів цієї групи відносяться такі карбамати (Горбатов, 2008):

- севін – застосовується проти шкідників виноградарств, плодів культур, бавовників, має середню токсичність;
- МТД – тетраметилтіурамдісульфід; використовується у вигляді порошків для протруєння насіння; середньотоксичний отрутохімікат;
- цинеб – використовується як фунгіцид, малотоксичний.

У більшості препаратів цього класу виражені кумулятивні властивості. Механізм дії похідних карбамінової кислоти зводяться до пригнічення активності холінестерази з мускарино- і нікотиноподібним ефектом. Сполуки цього типу є отрутами паренхіматозної і нейротропної дії (Проданчук, 2003).

Стійкі органічні забрудники-ксенобіотики

Деякі хімікати одержали назву «стійкі органічні забрудники» (СОЗ, persistent organic pollutants, POP) (UNEP, 2010). Ці сполуки або синтезовані штучно, або є побічними продуктами виробництва, а тому біологи називають їх *ксенобіотиками* – (хено - чужий, лат.), тобто сполуками, що є чужими для біоти (для довкілля).

На міжнародному рівні (Стокгольмська конференція, 2001) визнається необхідність прийняття негайних глобальних заходів у зв'язку з наступними 12 СОЗ («Брудна дюжина» речовин):

- *пестициди* – алдрін, хлордан, ДДТ (існує обмежене виробництво та використовується тільки як засіб боротьби с малярією), діелдрин, ендрин, гептахлор, мірекс, токсафен;
- *промислові хімікати* – гексахлорбензин (також застосовується як пестицид)**; ПХД (поліхлордифеніл)**;
- *випадкові побічні продукти* – діоксини**, фурани**.

У 2009 році був сформований додатковий список з 9 речовин, але не всі країни приєдналися до поправки (Корсак, 2004).

Міграція пестицидів у ґрунтовому профілі

Міграція пестицидів у ґрунтовому профілі відбувається в основному за рахунок капілярно-гравітаційного переміщення води. Швидкість міграції і глибина проникнення пестицидів залежать від безлічі факторів, пов'язаних як з ґрунтово-кліматичними особливостями (гранулометричним складом, вмістом колоїдів і сорбційною здатністю ґрунтів, кількістю опадів тощо), так і з властивостями та дозами внесених в ґрунт препаратів.

У разі фільтрації під дією сил гравітації перенесення препарату через ґрунтовий профіль зазвичай є комбінацією двох процесів: фронтального потоку і «переважного» масопереносу. Фронтальний потік є однорідний рух води і розчинів через ґрунт. Такий рух розчинів багато в чому обумовлений

наявністю в структурному ґрунті макропор (тріщини, ходи ґрунтової фауни, канали за ходами коренів і т. п.). Фронтальний потік визначає переміщення основної маси пестициду, тоді як транзитним потоком переносяться лише мікрокількості препарату. У зоні помірного клімату основна кількість токсикантів в більшості випадків локалізується в шарі 0-30 см. Проникнення незначної кількості пестицидів на велику глибину до 50-80 см, а в окремих випадках до 100-120 см, спостерігається, як правило, у ґрунтах, які характеризуються легким гранулометричним складом і низьким вмістом гумусу, в умовах надмірного зволоження, а також при збільшенні доз або при багаторазовому застосуванні пестицидів. Глибина проникнення окремих пестицидів у межах кожного з класів органічних сполук залежить переважно від ступеня поглинання їх ґрунтом і ступеня розчинності (Овчинникова, 1987). Спадний гравітаційний потік води, який був спричинений атмосферними опадами або талими водами, визначає тотальне зменшення (на 80-85 %) початкової концентрації хімікату в якому завгодно ґрунтовому горизонті (Бондарєв, 1988; Радионовская, 2012; Городиська, 2013).

Деструкція (детоксикація) пестицидів у ґрунті

При вивченні наслідків систематичного застосування пестицидів була встановлена можливість їх перетворення на нетоксичні сполуки шляхом повного розкладання або утворення деяких нетоксичних хімічних комплексів. Це явище отримало назву *детоксикації* або *деструкції*. Зазвичай виділяють групи фізичних, фізико-хімічних і біологічних факторів деструкції.

До *фізичних чинників* відносять сорбцію пестицидів високодисперсними мінералами і органічними ґрунтовими колоїдами. Ефективність цього процесу залежить від властивостей ґрунту, природи та властивостей адсорбенту, кліматичних і екологічних факторів. Так, внесені в ґрунт в період холодної та сирої погоди пестициди зв'язуються верхнім шаром ґрунту, а тому на цьому етапі, як правило, вживаються різні запобіжні

заходи від їх вимивання та розкладання. При потеплінні вони десорбуються і знову проявляють свою активність. Через деякий час після внесення пестициду в ґрунті встановлюється певна рівновага між сорбованими пестицидами і токсикантами, які знаходяться в розчині. Про ступінь десорбції токсикантів судять за змістом його в рідкій фазі ґрунту. До фізичних факторів детоксикації відносять також випаровування і термічний розклад. Ступінь випаровування пестицидів з ґрунту сильно залежить від його вологості – сорбція легколетких пестицидів сухим ґрунтом набагато вища, ніж сорбція вологим. Розкладання токсикантів посилюється з підвищенням температури.

З фізико-хімічних факторів деструкції речовин-ксенобіотиків найбільш істотним є фоторозкладення (фотоліз), початком якого є дія довгохвильових ультрафіолетових променів сонячної радіації. При цьому відбувається фотоокислення багатьох пестицидів та їх метаболітів, які знаходяться на поверхні ґрунту. На цьому етапі фотолітичного розкладання пестициду особливого значення набуває взаємодія його з молекулами ґрунтової води. Важливу роль відіграє рН розчину, який утворюється в поверхневих шарах ґрунту, його температура властивості присутніх в водному розчині інших сполук. Під дією короткохвильової частини сонячної радіації багато фенолів та близьких до них сполук здатні перетворитися у менш токсичні продукти.

Хімічні перетворення пестицидів в ґрунті в основному являють собою гідролітичні та окисні процеси, швидкість яких залежить від виду та числа атомів галоїдів, довжини вуглеводневого ланцюжка тощо. Збільшення контакту токсикантів з ґрунтом прискорює гідроліз (наприклад, колоїдна фракція ґрунту каталізує реакції пестицидів з активними частками ґрунтових компонентів). Значна роль в хімічному розкладанні пестицидів пов'язана з вільними радикалами. Джерелами вільних радикалів в ґрунті є гумінові кислоти, а також смоли, пігменти, антибіотики, вітаміни.

Біологічне перетворення і розкладання пестицидів у ґрунті обумовлено, головним чином, мікробіологічною детоксикацією. Встановлено, що

мікробіологічне розкладання пестицидів є головним шляхом детоксикації ґрунтів, а будь-яка активізація мікробіологічної діяльності сприяє зникненню отрутохімікатів з ґрунтів. Швидкість мікробіологічного розкладання пестицидів у ґрунті визначається вмістом гумусу, температурою і вологістю ґрунту, вмістом поживних речовин та іншими факторами. Хороші умови для розвитку ґрунтових мікроорганізмів інтенсифікують і біологічну детоксикацію пестицидів.

Деструкція пестицидів, є важливою екологічною функцією ґрунтової мікробіоти. Активну участь у деструкції хімічних речовин беруть автоморфні мікроорганізми, які можуть змінювати хімічну будову молекул ксенобіотиків, або фрагментально, або повністю розкласти ксенобіотики до CO_2 , H_2O , H_2 , NH_3 (Іутинська, 2006).

Проте у мікробній трансформації пестицидів є і зворотній негативний бік, оскільки проміжні продукти, що є фрагментами вихідних сполук, за своїми токсичними властивостями часто можуть конкурувати з пестицидами. Наприклад, в процесі деградації гербіциду ордрам, який використовується на посівах рису, утворюється декілька кетопохідних, які значно більш токсичні ніж вихідний продукт (Надточій та ін., 2010).

Реально в ґрунті на пестициди діють одночасно і фізичні, і фізико-хімічні, і хімічні, і біологічні чинники. А отже в цілому на швидкість розкладання пестицидів у ґрунті впливає гранулометричний склад ґрунту, реакція його середовища, гідротермічні умови. На суглинних ґрунтах пестициди розкладаються швидше, ніж в ґрунтах легкого складу, а хлорорганічні пестициди у кислому ґрунті зберігаються довше, ніж в лужному. Органічна речовина ґрунту зв'язує багато пестицидів в водонерозчинні і важкодоступні для ґрунтових організмів форми, внаслідок чого токсиканти не піддаються гідролізу і, попри високу біологічну активність гумусованих ґрунтів, зберігаються в них тривалий час. Підвищена температура ґрунту сприяє десорбції пестицидів, зв'язаних з колоїдами. На ці

процеси також впливають окисно-відновні умови ґрунту: одні пестициди швидше метаболізуються в анаеробних умовах, інші – в аеробних.

3.5. Вплив кислотних опадів на ґрунт

Дощова вода вважається такою, яка має кислу реакцію, якщо її рН менше ніж 5. В наш час дощова та снігова вода часто є просто слабким розчином сірчаної та азотної кислоти. Навіть нормальна дощова вода має слабкокислу реакцію через наявність у повітрі діоксиду вуглецю.

Кислотний дощ утворюється в результаті реакції між водою та речовинами, що забруднюють атмосферу, а саме: оксидами сірки (SO_2 і SO_3) та оксидами азоту (NO_2 , N_2O_3). Ці речовини викидаються в атмосферу автомобільним транспортом, а також в результаті діяльності металургійних підприємств та теплових електростанцій. Сполуки сірки, сульфідів, самородна сірка містяться у вугіллі та у рудах. Особливо багато сульфідів міститься в бурому вугіллі, при спалюванні якого утворюються летючі сполуки - оксид сірки (сірчистий ангідрид) та сірководень. Остання сполука утворюється в малих кількостях при недостатньому випалюванні або неповному згорянні, при низькій температурі.

Різні сполуки азоту містяться в вугіллі, і, особливо, в торфі (азот, як і сірка, входить до складу біологічних структур, з яких утворилися ці корисні копалини). При спалюванні таких копалин утворюються оксиди азоту.

Оксиди сірки та азоту, вступаючи в реакцію з водою атмосфери, під впливом сонячного випромінювання, або так званих «фотохімічних реакцій» перетворюється в розчини кислот– сірчаної, сірчистої, азотистої та азотної, які разом зі снігом або дощем випадають на поверхню ґрунту. Є свідчення, що після подібного дощу спостерігається зменшення рН на півтори одиниці у вертикальному розрізі ґрунтів до глибини 35 см.

При попаданні кислотних опадів у ґрунт підкислюється ґрунтовий розчин, що призводить до:

- руйнації кристалічних решіток мінералів та появи у ґрунтовому розчині токсичного для рослин алюмінію;
- пригнічення мікробіологічної діяльності;
- погіршення фізичних та водно-фізичних властивостей ґрунтів;
- збіднення і зниження родючості ґрунту у зв'язку з нестачею поживних речовин.

Нормування впливів «кислотних опадів» на ґрунт виконується на основі групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності (ДСТУ 4362:2004), що наведено у таблиці 2.22.

3.6. Нормування вмісту у ґрунті важких металів, радіонуклідів та залишків пестицидів

Концепція ГДК

Визначення нормативів якості довкілля та харчових продуктів спирається на концепцію порогів впливу. Поріг шкідливої дії – це мінімальна доза речовини, при якій в організмі стаються зміни, що виходять за межі нормальних фізіологічних реакцій. Отож, гранична доза речовини (або поріг дії) викликає в біологічного організму реакцію, що порушує його нормальний стан.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) – це такий норматив вмісту шкідливих речовин в одиниці об'єму повітря, води; маси харчових продуктів або ґрунту, який практично не впливає на здоров'я людини в певний проміжок часу і не викликають негативних наслідків у його потомства.

Методика нормування вмісту хімічних речовин в ґрунті відрізняється від методик для інших середовищ тим, що *контакт людини з ґрунтом найчастіше не прямий, а опосередкований*. Він відбувається за ланцюжками: «ґрунт-рослина-людина» або «ґрунт-рослина-тварина-людина» або «ґрунт-повітря-людина» або «ґрунт-вода-людина».

ГДК хімічних речовин у ґрунтах – це така їх концентрація, при якій *вода і повітря, що контактують з цим ґрунтом, а також живі організми, що пов'язані з ним трофічними ланцюгами (перш за все, це рослини) безпечні для живих організмів.* На цій підставі гранично допустимі концентрації хімічних речовин для ґрунтів встановлюються за чотирма обов'язковими показниками:

- загальносанітарним показником (що узвичаєно для інших природних середовищ),
- міграційним водним,
- міграційним повітряним,
- транслокаційним.

Загальносанітарний показник характеризує вплив речовини на здатність ґрунту до самоочищення, а також вплив забрудника на ґрунтовий мікробіоценоз у кількостях, які докорінно не змінюють базові мікробіологічні процеси у ґрунті. Показники *водної й повітряної міграції* характеризують здатність ґрунтів створити безпечний рівень вмісту цих речовин, відповідно, у поверхневих та ґрунтових водах та у приземному шарі повітрі. *Транслокаційний* показник вказує на здатність ґрунтів забезпечити допустимий вміст хімічних речовин у рослинах (зокрема, у сільськогосподарських і, в першу чергу, у тих, які споживаються безпосередньо без попередньої переробки). Як правило, за щонайменшим рівнем названих показників і встановлюється ГДК для ґрунтів.

Крім ГДК інколи використовується *тимчасовий норматив ОДК* (орієнтовно допустима кількість), який одержують розрахунковим шляхом і переглядають кожні 3 роки або змінюють на ГДК після отримання необхідних додаткових даних.

Кларки ґрунтів

Нормування вмісту забрудників у ґрунтах, згідно вище визначеної концепції ГДК, пов'язано з визначенням якогось мінімального значення

вмісту у ґрунті забрудника є не пересічно важкою і вкрай суб'єктивною задачею. А тому в якості еталонного значення при розробці ГДК та ОДК враховується *фоновий вміст хімічного елемента* або у навколишньому середовищі, або в антропогенно не перетворених ґрунтах, який має назву «*кларкове число*» (або «*кларк*»). Кларк вказує на природний середній вміст певного хімічного елемента у ґрунті. Цей вміст визначається або у об'ємних відсотках (%), або у мільйонних частках (г/т або мг/кг).

Зараз найкраще визначені кларкові числа для міських ґрунтів (Алексеев, Алексеев, 2014), які формуються під постійним та інтенсивним впливом антропогенної діяльності. Можна вважати, що ці ґрунти зазнали найбільшого техногенного тиску в порівнянні з іншими геохімічними системами біосфери в цілому. Встановлення кларків міських ґрунтів обумовлено необхідністю застосовувати якісь «відправні точки» відліку вмісту певних речовин, своєрідні часові «репери» для наступних висновків про забруднення ґрунтів населених пунктів.

Що стосується кларків орних ґрунтів, то вони залежать, у першу чергу, від хімічного складу ґрунтоутворюючої породи та специфіки ґрунтоутворення певних ґрунтів. Процес перетворення рослинних решток у гумус супроводжується інтенсивною акумуляцією певних хімічних елементів у гумусовому горизонті. Важливим фактором вертикальної диференціації хімічних елементів у ґрунтах є вертикальна міграція водних розчинів і пов'язане з нею вилуговування. Різне поєднання процесів біогенної акумуляції та вилуговування призводить до формування в розрізі ґрунтових горизонтів з особливими фізико-хімічними умовами. При цьому в ґрунтах на межі різних горизонтів часто з'являються певні геохімічні бар'єри, де відбувається концентрація окремих хімічних елементів (їх сполук). Отже процес генезису ґрунтів практично завжди призводить до вертикальної диференціації хімічних елементів.

В результаті з однорідної гірської породи поступово формується ґрунтовий профіль з горизонтами, які відрізняються за своїми геохімічними

Таблиця 3.1. Регіональні кларки важких металів для ґрунтів України, мг/кг (Медведев, 2012).

Зона		Елементи									
		Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Mo	Sr	Cr	V	Ni
Полісся	середнє	11,4	42	395	8	10	2,4	118	39	16	12
	діапазон	6-24	8-96	75-1400	1,4-20	2,5-20	1,5-5,0	80-520	20-67	8-29	9-12
Лісостеп	середнє	10	52	735	20	17	2,8	119	51	52	26
	діапазон	-	20-90	240-3000	10-48	8-40	0,9-6,3	52-250	18-100	16-201	10-80
Степ	середнє	13	62	670	27	16	3,8	142	85	68	25
	діапазон	10-15	33-100	200-1600	10-64	8-27	2,9-5,6	100-220	40-150	42-130	19-40
Крим:Степ	середнє	10	69	845	31	24	1,8	112	96	119	53
	діапазон	-	40-190	520-1100	12-47	10-30	2,0-3,8	30-300	40-156	33-120	10-47
Крим: Гори	середнє	-	60	933	83	27	1,1	-	-	253	53
	діапазон	-	45-70	500-1267	55-125	23-32	0,5-1,7	-	-	148-267	43-63
Предкарпат- тя	середнє	-	84	676	23	17	-	-	90	106	39
	діапазон	23-168	45-237	150-1575	5-79	5-32	0,4-3,0	138-145	30-282	49-282	8-110
Карпати: Гори	середнє	61	50	924	25	21	-	-	140	71	31
	діапазон	-	45-70	500-1500	20-40	15-40	-	126-145	100-160	46-90	25-40

особливостями. При вивченні ґрунтів заведено виділяти «головний горизонт», або «центр ґрунту», що визначає його своєрідність в цілому. Як правило, таким центром є верхній горизонт Н (Перельман, Касимов, 1999). У ньому найбільш енергійно розкладаються органічні речовини і відзначається найбільша напруга всіх геохімічних процесів. Лише іноді «центром ґрунтів» стає будь-якої іншої горизонт. Наприклад, в солонцях центром вважають солонцевий горизонт S.

Однією з відмінних геохімічних особливостей ґрунтів є виключна просторова нерівномірність поширеності хімічних елементів. Вміст більшої частини хімічних елементів у ґрунтах різних районів може відрізнятися в сотні і тисячі разів. Найменший розкид в цій геохімічній системі характерний для таких найбільш поширених елементів, таких як Si, Al. Їх середні вмісти в ґрунтах різних регіонів зазвичай змінюються лише у десятки разів. У зв'язку з цим для геохімічної характеристики ґрунтів певного регіону доцільно використовувати фонові вмісти елементів, а при використанні середніх вмістів елементів, бажано вказувати їх помилку, та ще і з певною ймовірністю (Алексєнко, Алексєнко, 2014).

Таблиця 3.2. ГДК для ґрунтів України, мг/кг ґрунту

Елементи	ГДК з урахуванням фону (кларку)	Показники шкідливості			
		Транс локаційний	Водно- міграційний	Повітряно- міграційний	Загально- санітарний
Валовий вміст					
Марганець	1500	3500	1500	-	1500
Ванадій	150	170	350	-	150
Ванадій + Марганець	100+1000	150+1500	200+2000	-	100+1000
Миш'як	2,0	2,0	15	-	10
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинець	30(фон+20)	35	260	-	30
Свинець + Ртуть	20+1	20+1	30+2	-	30+2
Сурма	4,5	4,5	4,5	-	50
Мідь	55(фон+35)	-	-	-	-
Нікель	85(фон+45)	-	-	-	-
Цинк	100(фон+50)	-	-	-	-
Рухомі форми, що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином із рН=4.8					
Кобальт	5,0	25	>100	-	5,0
Мідь	3,0	3,5	72	-	3,0
Нікель	4,0	6,7	14	-	4,0
Цинк	23	23	200	-	37
Свинець	6,0	За загально санітарним показником			
Фтор	2,8	За транс локаційним показником			
Хром	6,0	За загально санітарним показником			
Рухомі форми, що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином за інших рН					
Марганець	рН=4,0	60			
	рН=5,1-6,0	80			
	рН=6,0	100			
Водорозчинні форми					
Фтор	10	10	10	-	25

Звичайно ж, у багатьох випадках визначальний вплив на концентрацію елементів у ґрунтах надають геохімічні і мінералого-петрографічні особливості ґрунотворних гірських порід. Отже, можна і апріорі, і спираючись на вже наявні дані, говорити про те, що певні геохімічні провінції відрізняються ще і за геохімічними особливостями ґрунтів. Це робить важливими визначення кларкового вмісту елементів в ґрунтах окремих регіонів. Оскільки такі регіони зазвичай представляють досить велику територію, то при розрахунку регіональних кларків хімічних елементів у ґрунтах роль інших (крім гірських порід) природних чинників нівелюється. У зв'язку з цим, жоден з них не буде так впливати на

Таблиця 3.3 Гранично допустимі кількості (ГДК) важких металів та елементів забруднювачів в ґрунтах, мг/кг.

Елементи	Рухомі форми	Валовий вміст
Кобальт	5,0	–
Мідь	3,0	Фон+35,0
Нікель	4,0	Фон+45,0
Свинець	6,0	Фон+20,0
Цинк	23,0	Фон+50,0
Фтор	2,8	–
Хром	6,0	0,05
Миш'як	–	2,0
Кадмій	0,7	3,0
Ртуть	–	2,1
Марганець	–	1500,0

Таблиця 3.4. Гранично допустимі кількості залишкових пестицидів в ґрунті, мг/кг.

Пестицид	ГДК
ДДТ і його метаболіти	0,1
ГХЦГ (сума ізомерів)	0,1
2,4 – Д (амінна сіль)	0,25

Таблиця 3.5. Групування ґрунтів за щільністю забруднення цезієм ^{137}Cs та стронцієм ^{90}Sr , Ki/km^2 .

Радіонукліди	Зона			
	умовно чиста	посиленого контролю	добровільного гарантованого відселення	обов'язкового відселення
^{137}Cs	1,0	1,0-5,0	5,1-15,0	>15,0
^{90}Sr	<0,02	0,02 – 0,15	0,16 – 3,0	>3,0

геохімічний статус ґрунтів, як геолого-геохімічні особливості саме гірських ґрунтоутворюючих порід. Кларкові числа важких металів для ґрунтів України визначені фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського та наведені у таблиці 3.1. Ці дані використовувалися при розробці методики ґрунтово-агрохімічного обстеження сільськогосподарських земель та створенні еколого-агрохімічних паспортів ґрунтів конкретних полів.

Нормування вмісту забрудників у ґрунтах

Згідно з оцінками фахівців ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» (Теорія і практика..., 2016) для нормування забруднення ґрунтів дійсним є підхід ще 80-х років ХХ століття, параметри якого були прив'язані до фонових показників і доповнені нормативами вмісту не тільки валових, а й рухомих форм деяких забрудників. Останнє удосконалення було зроблено у ГН 6229-91 «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств химических веществ в почве», яке було затверджене Заступником Головного державного санітарного лікаря СРСР (Теорія і практика..., 2016). Саме ці показники і рекомендовані фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» для використання в Україні та наведені у таблиці 3.2. При цьому слід зазначити, що ці показники підлягають осучасненню та удосконаленню.

Певним розвитком концепції ГДК та можливостей проведення групування ґрунтів сільськогосподарського призначення є ГДК та класифікації ґрунтів за ступенем забруднення важкими металами, радіонуклідами та залишками пестицидів (Методика проведення..., 2013). (табл. 3.3, 3.4, 3.5). Слід зазначити, що приведені показники практично дорівнюють критеріям забруднення ґрунтів, визначених у ДСТУ 4362:2004, де констатується, що для мінеральних ґрунтів щільність забруднення не повинна перевищувати $1,0 \text{ Ки/км}^2$ по ^{137}Cs та $0,02 \text{ Ки/км}^2$ по ^{90}Sr .

Що стосується вмісту валових форм важких металів, то, згідно ДСТУ 4362:2004, він не повинен перевищувати величину, яка еквівалентна 1 кларку або 0,5 ГДК, а вміст залишків пестицидів повинен бути меншим ніж 0,5 ГДК.

3.7. Біологічне забруднення

Джерела забруднення

Ґрунт порівняно з водним середовищем та атмосферою, де існує процес розбавлення забрудників і поступового зменшення їх концентрацій, акумулює, а інколи і сприяє розмноженню забрудників в своєму приповерхневому шарі. Основними джерелами потрапляння біологічних забрудників у ґрунт є (Надточій та ін., 2010):

- теплокровні тварини, у травному тракті яких вони розмножуються;
- побутові, сільськогосподарські та промислові відходи;
- органічні добрива;
- аерозолі мікробіологічних виробництв.

З цих джерел у ґрунт можуть потрапляти потенційно небезпечні для людей патогенні та токсикогенні мікроорганізми, які здатні викликати кишкові інфекції та харчові отруєння у людини, епідемічні захворювання у тварин, токсикози рослин.

Забруднення ґрунту патогенами мікробіологічного походження

Звичайно ґрунт є несприятливим середовищем для більшості патогенних видів бактерій, вірусів, грибів і найпростіших, оскільки в ньому немає необхідних поживних речовин та інших умов для їхнього розмноження. Проте деякі з них можуть зберігатися в ґрунті від кількох днів до кількох місяців, наприклад, збудники дизентерії, черевного тифу, ентеровірусних інфекцій, бруцельозу, туберкульозу, туляремії, лептоспірозу. Найбільш тривалий час у ґрунті зберігаються споротвірні бактерії: клостридії правця, ботулізму, газової анаеробної інфекції, бацили сибірки (десятки років).

Суттєве значення має ґрунт як опосередкований чинник у поширенні кишкових інфекцій, насамперед, дизентерії, тифо- та паратифозних

захворювань та гельмінтів. Не розмножуючись, ці збудники можуть довгий час зберігатися в ґрунті, не втрачаючи патогенних властивостей від декількох днів до 3 років і більше.

У ґрунті живуть патогенні також гриби, які, проникаючи в організм, викликають такі захворювання як аспергілез, гістоплазмоз і мікотоксикози.

Забруднення гельмінтами

Ґрунт є головним основним місцем де зберігаються яйця та личинки *гельмінтів - паразитичних хробаків*, які розвиваються без проміжного господаря. Гельмінти це загальна назва паразитичних черв'яків, що паразитують в організмі тварин, людини (наприклад, у кишковику або порожнині тіла, чи в інших тканинах) і спричиняють гельмінтози (Бардов та ін., 2013).

У ґрунті яйця гельмінтів надходять з фекаліями хворих тварин. Саме тут за сприятливих умов з них розвиваються личинки.

Самоочищення ґрунту

При забрудненні органічними відходами ґрунт потенційно стає місцем розмноження, зберігання та поширення патогенних кишкових бактерій і яєць гельмінтів. Водночас, як правило, основна маса патогенних мікробів та вірусів не знаходить у ґрунті оптимальних умов для свого існування і поступово відмирає. Тобто, проходить реалізація механізмів *самоочищення ґрунтів*. Здатність ґрунту до самоочищення залежить від його властивостей, зокрема, кислотності (або лужності) ґрунтового розчину та зовнішніх фізичних факторів – величин найнижчих та найвищих температур, інтенсивності процесів «висушування-зволоження» поверхні ґрунтів, інтенсивності сонячної радіації тощо (Бардов та ін., 2013).

Окрім того, важливим механізмом самоочищення ґрунту є наявність у ґрунті бактеріофагів, які знищують бактерії, які забруднюють, а також наявність стійкого природного співвідношення різних груп мікроорганізмів,

Таблиця 3.6. Оцінка забруднення ґрунту за санітарним числом

Характеристика ґрунту	Санітарне число
Не забруднений	>0,98
Слабко забруднений	0,85-0,98
Забруднений	0,70-0,85
Сильно забруднений	<0,70

що визначається певним антагонізмом між різними видами бактерій, актиноміцетів і грибів. А тому при появі в ґрунті нових мікроорганізмів «із зовні», які порушують стале співвідношення видів мікробіоти, включаються механізми саморегуляції та самоочищення.

В просторі і в часі ці механізми переважно будуть визначатися певними властивостями ґрунтів. Наприклад, терміни виживання патогенних мікроорганізмів кишкового сімейства у ґрунті залежить від таких чинників, як тип та ступінь окультуреності ґрунту. Відомо, що легкі за гранулометричним складом ґрунти самоочищаються швидше, ніж важкі, оскільки в них енергійніше проходять процеси розпаду та мінералізації органічної речовини. Забруднені ґрунти південних регіонів країни за умови достатньої вологості самоочищаються скоріше, ніж аналогічні ґрунти північних районів.

Дослідження відносно збудників ботулізму, сибірки, газової гангрені показують, що поведінка їх у ґрунті (терміни виживання, здатність до розмноження тощо) зумовлюється як біологічними особливостями збудників, так і фізико-хімічними та мікробіологічними характеристиками ґрунтів та кліматичними чинниками (температура, вологість, інсоляція та ін.). Найбільш сприятливими і відповідно найбільш «заразними» є чорноземні ґрунти лісостепової та степової зон. Отже, розробляючи профілактичні заходи, спрямовані на ліквідацію сибірки, ботулізму, необхідно враховувати не тільки епідеміологічні дані, а й ландшафтно-ґрунтові умови конкретної території (Бардов та ін., 2013).



Рисунок 3.4. Санітарно-бактеріологічний аналіз ґрунту

Оцінка бактеріологічного забруднення ґрунтів та забруднення гельмінтами

В санітарно-бактеріологічних ґрунтових дослідженнях (СанПіН 2.1.7.1287-03) визначають вміст у ґрунтах бактерій групи кишкової палички (*E.coli*) і патогенних клостридій і бацил: збудників правця (*Cl. Tetani*), сибірської виразки (*Bac. Anthracis*), газової гангрені (*Cl. Perfringens*) тощо (рис. 3.4).

В якості хімічного показника оцінки біологічного забруднення береться так зване *санітарне число* - частка від поділу кількості ґрунтового азоту (у мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту) на кількість загального органічного азоту (у тих же одиницях) (табл. 3.6). У ґрунті, як відомо, утримується певна кількість азоту, який входить до складу білкових речовин. При внесенні у ґрунт забруднюючих речовин збільшується кількість органічного азоту і, відповідно, змінюється співвідношення між ним і білковим азотом.

В якості показника бактеріального забруднення ґрунту використовують титр кишкової палички (*E. coli*) та титр одного з анаеробів (*B. perfringens*). Ці бактерії поступають у ґрунт з фекаліями. Оскільки анаероб володіє здатністю до спороутворення, він зберігається у ґрунті більш тривалий час, ніж кишкова паличка. Наявність у ґрунті анаероба при відсутності кишкової палички свідчить про старе фекальне забруднення.

Санітарно-гельмінтологічним показником стану ґрунту є число яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту, а санітарно-ентомологічним - наявність личинок і ляльок мух в 0,25 м² його поверхні. Критерій високої якості ґрунту – повна відсутність яєць і личинок гельмінтів у ґрунті (Бардов та ін., 2013).

4. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

4.1. Комплексна оцінка якості ґрунтів: коротка історія

Землеробів та податківців завжди цікавила порівняльна цінність земель сільськогосподарського призначення, їх продуктивність, на якій один вирощував урожай, а інший забирав його частку у державний бюджет.

Найперша інформація щодо землеоцінювальних робіт дійшли до нас із Стародавнього Єгипту та Межиріччя, де розвиток приватного землеволодіння вимагав якісної оцінки земель з метою ефективного оподаткування. Особливо інтенсивно проводився земельний кадастр та бонітування ґрунтів у зв'язку з безперервним та багатовіковим розвитком іригації у дельті Нілу та Месопотамії.

Народи стародавніх країн Азії та Африки та Європи (Індія, Єгипет, Греція тощо) за декілька тисячоліть до Р.Х. земельні масиви ділили на окремі ділянки і розподіляли їх між виробничниками сільськогосподарської продукції. Стародавній грецький історик Геродот писав, що при впорядкуванні землі єгипетським правителем Сесотрисем (1878-1841 рр. В.С), «цар розділив землю між своїми підданими, давши кожному з них квадратні ділянки рівної величини та родючості та зобов'язавши власників щорічно платити земельну данину» (Сидорко, 2013).

З метою закріплення прав власності на землю у Стародавньому Римі було проведено її опис, початок якого приписують Сервію Тулію (IV ст. В.С). У Галії, як і в інших римських колоніях, перепис земель започаткував Юлій Цезар (100-44 рр. В.С), а його наступник – Октавіан Август (63-44 рр. В.С) ввів точне вимірювання розмірів земельних ділянок з одночасним складанням описів, карт, визначенням їх родючості, що дозволило удвічі збільшити податок грошима та натурою. Вимір і опис землі, професійне складання плану місцевості (карти) для обліку і розподілу земель проводили спеціальні чиновники – римські землеміри, які мали право наділяти земельні

ділянки новим власникам, перерозподіляти – ділити, об'єднувати. Метою оцінки якості земель у Стародавньому Римі було встановлення та зміцнення прав земельної власності, а також визначення розміру податків в державну казну в залежності від площ і якості ґрунтів (Сидорко, 2013).

Інтенсивно розвивався земельний кадастр на основі якісної оцінки ґрунтів і в епоху феодалізму, причому роботи ці проводилися в різний час буквально у всіх країнах світу. Так, в Китаї стягування поземельного податку в залежності від якості ґрунту проводилося вже в II ст. AD, а в Японії земельний кадастр був введений у III ст. AD, в Ємені та Ірані - у V ст ADн . В XI ст. земельний кадастр був введений в Англії Вільгельмом Завойовником, а у Київській Русі в цей же період була складена правова збірка «Руська правда», «земельна» частина якої була написана за зразком візантійського земельного кодексу (Сидорко, 2013).

В.В. Докучаєв в 19-му сторіччі був автором першої у Світі наукової методики бонітування. За його науковим керівництвом оцінювалися ґрунти Нижньогородської й Полтавської губерній. В процесі бонітування використовувалися 27 ґрунтових параметрів (хімічний і гранулометричний склад ґрунту, його вологоємність, водопроникність, капілярність, випаровуваність, теплопровідність тощо). Потім виводили середні показники, визначали кращий ґрунт, який приймався за 100 балів і відносно нього оцінювали інші ґрунти. Отримані оцінки порівнювали із середньою врожайністю культур за кілька років. Учень Докучаєва М.М. Сибірцев поліпшив методику та довів її перевагу в порівнянні з іншими методиками.

В Україні в 60-70 роках XX сторіччя використовувалась методика С.С. Соболева. Вона широко була апробована у багатьох регіонах СРСР. Об'єктом бонітування у ній була найменша ґрунтова таксономічна одиниця - різновид. Бонітувальні шкали побудовано на головних властивостях ґрунтів (їхній перелік залежно від регіонів і результатів кореляційного аналізу змінювався) та урожайностях основних культур. Потім обидві шкали між собою порівнювали. За 100 балів брали ґрунт із найкращими урожаями і

властивостями. Дуже широко використовувалися корекції на властивості, які не було враховано в основних шкалах.

4.2. Індекси родючості: існуючі підходи

Загальні положення

Комплексна оцінка родючості ґрунтів (а інколи і земель) на основі індексів родючості необхідна для розробки і встановлення черговості проведення по контурах, полях (ділянках) агрохімічних, агротехнічних, фітосанітарних, меліоративних, протиерозійних та інших заходів щодо збереження та підвищення родючості ґрунтів, особливо при обмежених фінансових можливостях. Інколи вона необхідна і для вартісної оцінки сільськогосподарських земель, і оцінки виробничої діяльності господарств та рослинницьких підрозділів сільськогосподарських підприємств.

Аналізовані методи реалізовані в програмних засобах, які в залежності від поставлених цілей і наявності вихідної інформації дозволяють:

- оцінити стан родючості ґрунтів у динаміці;
- визначити певний інтегрований кількісний показник родючості (бал, одиниці родючості тощо);
- розрахувати продуктивність сільськогосподарських угідь від максимально можливої до реального розміру при різних рівнях мінерального живлення рослин;
- оптимізувати розміщення сільськогосподарських культур по полях і ділянках, зробити правильний вибір спеціалізації господарств різних організаційно-правових форм;
- провести порівняльний аналіз цінності орних земель і природних кормових угідь, що важливо при плануванні виробництва і реформуванні сільськогосподарських підприємств.

Перелік показників, що характеризують ефективну родючість ґрунтів, залежить від ґрунтово-кліматичних умов і повинен бути прив'язаний до

конкретних природно-сільськогосподарських районів, а отже такі індекси можуть використовуватися лише на обмеженій території. Спроби зробити індекси родючості ґрунтів більш універсальними призводять до зростання кількості показників родючості, які беруться для розрахунків. У цьому випадку така універсалізація приводить до втрати точності.

Іншою проблемою таких підходів до комплексного оцінювання родючості ґрунтів є те, що, показники, які беруться до розрахунків повинні бути якось зв'язані з урожайністю сільськогосподарських культур. Але, як правило, такі критерії прямо не пов'язані з урожайністю сільськогосподарських культур, а їх вибір спирається на *суб'єктивну експертну оцінку авторів методики*, що є (ймовірно) джерелом помилок. Треба зазначити, що для розрахунку індексів у більшості випадків використовують стандартні показники, які визначаються в процесі виготовлення агрохімічного (або еколого-агрохімічного) паспорту. Далі буде визначено, що основним недоліком переліку показників ґрунтової родючості, які фігурують у паспортах, є неврахування властивостей ґрунтів поза орним шаром. Лише в деяких методиках фігурує «потужність гумусового горизонту» як окремий критерій родючості, але властивості цього горизонту, а також властивості підґрунтя в розрахунок не приймаються.

В літературі зустрічаються індекси оцінки родючості, що мають як універсальне призначення для великих територій, так і локальне застосування:

- «оцінка ґрунтів за Івановим» (для європейської частини Російської Федерації) (Іванов, Кузнецова, 2004);
- «індекс відносного балу родючості» (метод ЦНДІАО)(для території колишнього СРСР) (Іванов, Кузнецова, 2004);
- «сукупний ґрунтовий бал» (метод ДІЗР) (для території колишнього СРСР) (Іванов, Кузнецова, 2004);
- «відносний індекс комплексу агрохімічних властивостей ґрунту» (для території Білорусі) (Кулаковская, 1983);

- «узагальнений показник якості ґрунтів» (для території України) (Грінченко, Єгоршин, 1984),
- «індекс продуктивності» Пірса (для території окремих штатів США) (Pierce et al, 1983),
- «комплексна оцінка якості ґрунтів за технологією SMAF» (для окремих сільськогосподарських зон США, Канади, Бразилії, Китаю, Іспанії) (Andrews et al, 2004; Karlen et al, 2014 тощо).

«Узагальнений показник якості ґрунтів» Грінченка-Єгоршина

Розрахунок базується на знаходженні інтегрального показника, як функції шести різних властивостей ґрунтів (вмісту гумусу, рухомого фосфору і обмінного калію, рН, гідролітичної кислотності, ступеня насиченості ґрунтів основами). Важливим є вибір математичної моделі перетворення властивостей ґрунтів на загальний показник величини ґрунтової родючості.

Якщо існує двостороннє обмеження показника, коли відхилення від оптимального рівня в будь-яку сторону призводить до погіршення властивості (рН, наприклад), то розраховується функція виду:

$$Y_i = \left(-k \left| \frac{X_i - A_i}{A_i - B_i} \right|^n \right) \quad (4.1)$$

Якщо обмеження одностороннє, наприклад, вміст поживних речовин, то така функція має вигляд:

$$Y_i = \begin{cases} \left(-k \left| \frac{X_i - A_i}{A_i - B_i} \right|^n \right) & \text{при } X_i < A_i \\ 1 & \text{при } X_i \geq A_i \end{cases} \quad (4.2)$$

В (4.1, 4.2) Y_i – і-ий показник ґрунтової родючості, X_i , A_i , B_i – відповідно, фактичне, оптимальне та найгірше значення певного параметру (вміст гумусу, рухомий фосфор і обмінний калій, рН,

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР
ОХОРОНИ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ І ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ "ОБЛДЕРЖРОДУЧІСТЬ"

АГРОХІМІЧНИЙ ПАСПОРТ ПОЛЯ,
ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ

Дніпропетровська область Криворізький район
Населений пункт: с.Веселе Веселівська сільська рада

Землекористувач: _____

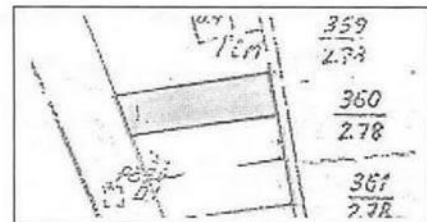
Тип сільськогосподарських угідь: рілля

Код поля, земельної ділянки _____ площа 1,50 га

Координатна прив'язка:

Код, назва та площа ґрунтів(га) 71е - чорноземи південні
важко суглинкові

Схема поля, земельної ділянки



Показники стану ґрунту	Методи визначення	Середньозважені величини за роками обстеження.			
		2012 рік	20__ рік	20__ рік	20__ рік
1. Глибина гумусового горизонту, см	довідкові дані				
Гранулометричний склад ґрунту: фізична глина, %	довідкові дані				
Мул, %	довідкові дані				
Щільність ґрунту, г/см ³	довідкові дані	1,16			
Продуктивна волога (ММЗПВ) в шарі 0-100 см, мм	довідкові дані	161			
2. Гідролітична кислотність мг-екв/100г	ГОСТ 26212-91	0,16			
pH сольове	ГОСТ 26483-85				
pH водне	ГОСТ 26423-85	7,5			
сума увібраних основ (Ca-Mg) мг-екв/100г	ГОСТ 26487-85	28,0			
тип засолення	нормативний документ Київ 1996				
ступінь засолення	нормативний документ Київ 1996				
Вміст у ґрунті: гумусу, %	ДСТУ 4289:2004	3,45			
азоту, що легкогідролізується, мг/кг ґрунту	ДСТУ				
азоту за нітрофікаційною здатністю, мг/кг	ГОСТ 26951-86	30,9			
сірки, мг/кг	ГОСТ 26490-85				
Рухомі сполуки: фосфор, мг/кг ґрунту	ДСТУ 4115:2002	230			
калій, мг/кг	ДСТУ 4115:2002	357			
3. Рухомі форми: марганець, мг/кг ґрунту	ДСТУ 4770:2007	64			
цинк, мг/кг	ДСТУ 4770:2007	1,02			
мідь, мг/кг	ДСТУ 4770:2007	0,24			
кобальт, мг/кг	ДСТУ 4770:2007	0,15			
бор, мг/кг	ДСТУ 4770:2007				
молібдену, мг/кг	ДСТУ 4770:2007				
4. Важкі метали: кадмій, мг/кг ґрунту	ГОСТ 30178-96	0,1			
свинець, мг/кг	ГОСТ 30178-96	10,7			
ртуть, мг/кг	МУ-1992	0,03			
5. Залишки пестицидів: ДДТ і його метаболіти	ДСТУ ISO 14101:2004	н/в			
гексахлоран (сума ізомерів) мг/кг	ДСТУ ISO 14101:2004	н/в			
2,4Д- амінна сіль мг/кг	ДСТУ ISO 14101:2004	н/в			
6. Щільність радіоактивного забруднення					
цезій-137 Кі/км.кв.	СОУ 74.3-37-360:2005	0,04			
стронцій-90 Кі/км.кв.	СОУ 74.3-37-360:2005	0,013			
Агрохімічна оцінка		82			
Еколого - агрохімічна оцінка		69			

Директор центру "Облдержродючість"
Виконавець _____

С.І.ЖУЧЕНКО
С.М.ЩЕРБИНА

Рисунок 4.1. Еколого-агрохімічний паспорт земельної ділянки

гідролітична кислотність, насиченість основами); k і n – коефіцієнти, згідно $k=5$, $n=3$ (Грінченко, Єгоршин, 1984).

Зведений показник якості ґрунтів (ЗПЯГ) визначають як середнє геометричне шести значень функцій виду (4.1):

$$\text{СПЯГ} = \sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 Y_i}. \quad (4.3)$$

Приклад розрахунку «узагальненого показника якості ґрунтів» Грінченка-Єгоршина

Узагальнений показник якості ґрунтів розраховується на основі стандартних даних еколого-агрохімічного паспорта (детальніше про паспорт – нижче). За приклад візьмемо дані еколого-агрохімічного паспорта ділянки в 1,5 га на території Василевської сільради Криворізького району Дніпропетровської області (рис. 4.1). Згідно з паспортом вміст гумусу складає 3,45 %, рухомого фосфору 230 мг на кг ґрунту, обмінного калію – 357 мг на кг ґрунту, рН дорівнює 7,5, гідролітична кислотність – 0,16 мг-екв на 100 г ґрунту, сума увібраних основ 28 мг-екв на 100 г ґрунту. Оптимальне значення вмісту гумусу, згідно (Методика..., 2013), складає 6,2 %, рухомого фосфору 200 мг на кг ґрунту, обмінного калію – 180 мг на кг ґрунту, рН дорівнює 7,0, гідролітична кислотність – 0,20 мг-екв на 100 г ґрунту, насиченість основами – 100 %. Найгірші значення кожного з параметрів визначаються за даними паспортів по всій території сільради – вміст гумусу – 2,3 %, рухомого фосфору – 100 мг на кг ґрунту і обмінного калію – 120 мг на кг ґрунту, рН – 8,5, гідролітичної кислотності – 0,23 мг-екв на 100 г ґрунту, насиченість основами – 100 %.

А отже функція, яка описує вплив вмісту гумусу на родючість ґрунту буде дорівнювати

$$Y_{\text{гумус}} = \left| \frac{3,45 - 6,20}{6,20 - 2,30} \right|^3 = \dots$$

Функція, яка описує вплив рухомого фосфору на родючість ґрунту, згідно (4.2), буде дорівнювати

$$Y_{\text{фосфор}} = \dots$$

Функція, яка описує вплив на родючість ґрунту рухомого калію, згідно (4.2), буде дорівнювати

$$Y_{\text{калій}} = \dots$$

Функція, яка описує вплив рН на родючість ґрунту, згідно (4.2) буде дорівнювати

$$Y_{\text{рН}} = \left| \frac{7.5 - 7.0}{7.0 - 8.5} \right|^3 = \dots$$

Функція, яка описує вплив гідролітичної кислотності на родючість ґрунту, згідно (4.2) буде дорівнювати

$$Y_{\text{ГК}} = \dots$$

Функція, яка описує вплив ступеню насиченості основами на родючість ґрунту, згідно (4.2) буде дорівнювати

$$Y_{\text{сно}} = \dots$$

Зведений показник якості ґрунтів (ЗПЯГ) буде дорівнювати

$$\text{ЗПЯГ} = \sqrt[6]{\dots} = 0.77.$$

Індекс відносної родючості Центрального науково-дослідного інституту агрохімічного обслуговування (ЦНДІАО)

При оцінюють родючість ґрунтів цим методом, враховують стандартні дані ґрунтової кислотності (лужності), вмісту гумусу, фосфору, калію, основних мікроелементів живлення, суму поглинених основ та ступінь насиченості ґрунтів основами в орному шарі ґрунту.

Відносний бал родючості ґрунтів розраховують за наступним алгоритмом. Спочатку визначається бал родючості ґрунтів за кожним з основних показників – кислотність (лужність) ґрунтового розчину, вміст гумусу, фосфору, калію, сума поглинених основ та ступінь насиченості ґрунтів основами за формулою:

$$B_n = \frac{X}{A} \quad (4.4)$$

де B_n – відносний бал показника родючості ґрунтів; X – фактичне значення кожного агрохімічного показника; A – оптимальне значення агрохімічного показника.

Показник, який враховує гідролітичну кислотність розраховується за формулою:

$$B_{ГК} = \frac{H_{Г(опт)}}{H_{Г}}, \quad (4.5)$$

де $H_{Г(опт)}$ – оптимальне значення гідролітичної кислотності, мг-екв на 100 г ґрунту $H_{Г}$ – фактичне значення гідролітичної кислотності, мг-екв на 100 г ґрунту.

Якщо розрахований оцінний бал основних показників, що розрахований за (4.4, 4.5) більше ніж 120, то результат прирівнюється до 120.

Наступним етапом розрахунків є встановлення середнього оцінювального балу основних показників ($B_{оп}$):

$$B_{оп} = \frac{\sum_1^m B_m}{m} \quad (4.6)$$

де m – кількість показників, що беруть участь в розрахунку.

Потім розраховують оцінний бал супутніх показників, які враховують уміст мікроелементів (Ca, Mg, Mn, B, Fe, Cu тощо) у ґрунті:

$$B_{сп} = \frac{\sum_1^n B_n}{n}, \quad (4.7)$$

де n – кількість показників, що беруть участь в розрахунку. Якщо оцінний бал яких-небудь супутніх показників більше ніж 100, то результат прирівнюється до 100.

На останньому етапі знаходять загальний оцінний бал по полю або окремої ділянці, як середнє арифметичне оцінних балів основних та супутніх показників:

$$B = \frac{B_{оп} + B_{сп}}{2}. \quad (4.8)$$

Приклад розрахунку індексу відносної родючості ЦНДІАО

Для розрахунку візьмемо ті ж самі дані еколого-агрохімічного паспорту ділянки в 1,5 га на території Василевської сільради Криворізького району Дніпропетровської області (рис. 4.1). Згідно зданими цього паспорту вміст гумусу складає 3,45 %, рухомого фосфору 230 мг на кг ґрунту, обмінного калію – 357 мг на кг ґрунту, гідролітична кислотність – 0,16 мг-екв на 100 г ґрунту, сума увібраних основ – 28 мг-екв на 100 г ґрунту, рухомих сполук марганцю – 64 мг на кг ґрунту, цинку 1,02 мг на кг ґрунту, 0,24 міді мг на кг ґрунту, 0,15 кобальту мг на кг ґрунту.

Оптимальне значення вмісту гумусу, згідно (Методика..., 2013), складає 6,2 %, рухомого фосфору 200 мг на кг ґрунту, обмінного калію – 180 мг на кг ґрунту, а гідролітична кислотність – 0,20 мг-екв на 100 г ґрунту, сума поглинутих основ – 30 мг-екв на 100 г ґрунту, рухомих сполук марганцю – 21 мг на кг ґрунту, цинку – 5,1 мг на кг ґрунту, міді – 0,51 мг на кг ґрунту, кобальту – 0,31 мг на кг ґрунту.

Згідно (4.4 та 4.5) для основних показників родючості бали будуть наступні:

$$\begin{aligned} B_{\text{гумус}} & \text{ — } \\ B_{\text{фосфор}} & \text{ — } \\ B_{\text{калій}} & \text{ — } \quad \text{(тобто —} \\ B_{\text{ГК}} & \text{ — } \\ B_{\text{СПО}} & \text{ — } \end{aligned}$$

Середній показник основних показників родючості, згідно (4.6), розраховується, як середнє арифметичне:

$$B_{\text{оп}} \text{ —————}$$

Згідно (4.4 та 4.5) для супутніх показників родючості бали будуть наступні:

$B_{\text{марганець}}$ ————— тобто —

$B_{\text{цинк}}$ —————

$B_{\text{мідь}}$ —————

$B_{\text{кобальт}}$ —————

Середнє значення додаткових показників родючості, згідно (4.7), розраховується, як середнє арифметичне:

$B_{\text{оп}}$ —————

Загальний оцінний бал по полю дорівнює, згідно (4.8):

B —————

Індекс продуктивності Пірса

Кардинальна перевага «індексу продуктивності Пірса» від інших індексів родючості полягає в тому, що в розрахунок приймаються не тільки показники орного горизонту, а метровий шар ґрунту, де властивості визначені через кожні 10 см. Іншою перевагою цього показника є той факт, що він дозволяє враховувати фізичні властивості ґрунту.

А отже, згідно з вихідними роботами американських авторів (зокрема, Pierce at al, 1973, 1974), індекс продуктивності (IP) пропонується розраховувати як суму кількісної пошарової оцінки родючості метрової товщі ґрунту:

$$IP = \sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \cdot D_i \cdot WF_i \quad (4.9)$$

де A_i – водо утримувальна здатність ґрунту, C_i – щільність ґрунту, D_i – рН ґрунтового розчину, а також показник WF_i , що показує на частку коренів

у кожному шарі ґрунту, n – кількість шарів ґрунту, а i – номер шару ґрунту. Показники A_i , C_i , D_i , W_i нормовані від 0 до 1.

Приведені показники авторами розглядалися як «незамінні», тобто такі, які не піддаються покращенню за рахунок елементів агротехніки при вирощуванні сільськогосподарських культур або впровадженню спеціальних програм меліорації.

В більш пізніших роботах по індексу продуктивності Пірса фігурують інші нормовані параметри, наприклад, вміст водорозчинних солей, вміст поглиненого натрію, водопроникність ґрунту, вміст гумусу, вміст окремих поживних елементів, параметри гранулометричного складу ґрунту тощо (Doll, Wollenhaupt, 1985; Mulengeraa, Payton, 1999; Duan et al, 2009, 2012 тощо).

Параметризація індексу продуктивності для правобережного Степу України була виконана в роботах (Черный, Поляшенко, 2016; Chornyy, Polyashenko, 2016). Спираючись на сучасні роботи по бонітуванню ґрунтів (Медведев, Плиско, 2006), було визначено, що найбільш тісно корелюють з урожайністю сільськогосподарських культур такі показники – діапазон активної вологи, потужність кореневмісного шару ґрунту, вміст гумусу, рН ґрунтового розчину, вміст фізичної глини, щільність ґрунту, вміст рухомого фосфору та калію. Враховуючи, що діапазон активної вологи ґрунту, в першу чергу, залежить від показників гранулометричного складу (Медведев та ін., 2011), який є для ґрунтів Степу досить одноманітним (важко суглинкові та глинисті ґрунти з вмістом фізичної глини в 55-65 %), то було визначено, що є можливість скоротити перелік показників до п'яти, а саме вміст гумусу, вміст рухомих форм фосфору і азоту, щільність ґрунту та рН ґрунтового розчину.

Аналіз даних правобережного Степу України показала (Chornyy, Polyashenko, 2016), що пошарове визначення «ґрунтової» складової індексу краще визначити як середнє геометричне. Отже, в нашому випадку модифікований індекс продуктивності (МІП) буде мати наступний вигляд:

$$\text{МІП} = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i \cdot D_i \cdot W_i \cdot K_i^{0.2}} \quad (4.10)$$

Таблиця 4.1. Властивості чорнозему південного

Глибина, см	Вміст гумусу, %	Вміст фосфору, мг /1 кг	Вміст калію, мг/ 1кг	Щільність, г/см ³	Вміст фізичної глини, %	pH
0-10	4,65	106,2	500,3	1,44	56,6	6,9
10-20	4,55	89,4	364,8	1,47	55,7	6,9
20-30	3,87	43,5	277,9	1,48	54,78	7,0
30-40	3,03	1,7	196,3	1,52	58,74	7,1
40-50	2,12	6,6	169,6	1,54	56,85	7,1
50-60	2,05	8,0	156,4	1,56	56,17	7,3
60-70	2,05	8,6	144,1	1,58	52,55	7,2
70-80	1,6	9,3	146,0	1,58	56,77	7,3
80-90	1,4	11,3	132,4	1,63	60,31	7,2
90-100	1,15	12,6	139,4	1,66	61,14	7,3

де i – номер кожного з шару ґрунту ($i=1, 2, 3, \dots, 10$); h_i , pH_i , γ_i , ρ_i , κ_i – відповідно, нормоване від 0 до 1 значення вмісту гумусу, pH, щільності складання, вмісту рухомого фосфору і калію в i -му шарі ґрунту; WF_i – параметр, що показує частку коренів рослин від їх загальної кількості в кожному i -му шарі.

Процедура нормування наведена в роботі (Chornyy, Polyashenko, 2016). Зокрема нормоване значення впливу гумусу на продуктивність ґрунту (h_i) мала наступний вигляд:

$$h_i = \begin{cases} \frac{h_i}{h_{max}} & \text{якщо } h_i \leq h_{max} \\ 1 & \text{якщо } h_i > h_{max} \end{cases}, \quad (4.11)$$

де h – вміст гумусу, %.

Нормування впливу pH ґрунтового розчину зроблене так:

$$\rho_i = \frac{pH_i - pH_{min}}{pH_{max} - pH_{min}}, \quad (4.12)$$

де pH_i – унормоване значення pH в ґрунтовому розчині.

Унормування впливу щільності складання ґрунту (γ) на родючість проводиться за такою квадратичною залежністю:

$$\gamma_i = \frac{\gamma_i - \gamma_{min}}{\gamma_{max} - \gamma_{min}}, \quad (4.13)$$

де γ_i – унормоване значення щільності складання, г/см³.

Таблиця 4.2. Нормовані показники властивостей чорнозему південного та процедура розрахунку модифікованого індексу продуктивності Пірса

Глибина, см	Нормоване значення						Середнє геометричне значення	Значення функції розподілу кореневої системи у ґрунті	Пошарове значення МІП
	Вміст гумусу	Вміст фосфору	Вміст калію	Щільність	Вміст фізичної глини	pH			
0-10	1,000	1,000	1,000	0,619	0,405	0,993	0,757	0,389	0,2948
10-20	1,000	1,000	1,000	0,535	0,432	0,993	0,745	0,236	0,1759
20-30	1,000	1,000	0,926	0,504	0,458	0,988	0,733	0,143	0,1050
30-40	0,866	0,057	0,654	0,373	0,336	0,981	0,331	0,087	0,0287
40-50	0,606	0,220	0,565	0,301	0,397	0,981	0,388	0,053	0,0205
50-60	0,586	0,267	0,521	0,224	0,418	0,964	0,374	0,032	0,0120
60-70	0,586	0,287	0,480	0,143	0,515	0,973	0,357	0,019	0,0069
70-80	0,457	0,310	0,487	0,143	0,400	0,964	0,328	0,012	0,0039
80-90	0,400	0,377	0,441	0,100	0,281	0,973	0,283	0,007	0,0020
90-100	0,329	0,420	0,465	0,100	0,250	0,964	0,274	0,004	0,0012
МІП = 0,6508									

Роль вмісту рухомих форм фосфору (ρ_i) і калію (κ_i), що визначаються за методикою Мачигіна в мг на 1 кг ґрунту, у розрахунку модифікованого індексу продуктивності визначалася наступними формулами:

$$\rho_i = \begin{cases} 2 & \text{якщо } 2 \leq 5 \\ 5 & \text{якщо } 2 > 5 \end{cases} \quad (4.14)$$

та

$$\kappa_i = \begin{cases} 2 & \text{якщо } 2 \leq 0 \\ 0 & \text{якщо } 2 > 0 \end{cases} \quad (4.15)$$

Що стосується параметру WF_i , то узагальнення літературних даних показало (Chornyy, Polyashenko, 2016), що для корневих систем основних сільськогосподарських культур Степу України цей показник можна розрахувати за наступним рівнянням:

$$WF_i = e^{-0.05 \cdot \eta}, \quad (4.16)$$

де η – глибина шару ґрунту, см ($\eta=0-100$ см).

Приклад оцінки якості ґрунтів за індексом продуктивності Пірса

Для прикладу щодо розрахунку індексу продуктивності Пірса пропонується використати ґрунтові параметри важко суглинкового південного чорнозему. Властивості цього ґрунту визначені у метровому шарі ґрунту через кожні 10 см (табл. 4.1). Пошарові нормовані значення властивостей (згідно 4.11-4.15), середнє геометричне, значення параметру, який показує на частку коренів в кожному і-му шарі ґрунту (згідно 4.16) та значення модифікованого індексу продуктивності приведено в таблиці 4.2.

Комплексна оцінка ґрунтів SMAF

Для реалізації американської концепції оцінки якості ґрунтів (див. розділ 5.1) дослідниками США була створена комплексна система оцінювання ґрунтів SMAF (SMAF – Soil Management Assessment Framework). Метою цього проекту було розробка методики, яка б дозволяла оцінювати якість ґрунту не тільки з точки зору певного окремого фізичного, хімічного або біологічного показника, а з врахуванням кількох індикаторів, що визначають якість ґрунту через комплексну оцінку. Такий підхід дозволяє виявити реакцію ґрунту на певні управлінські процедури (Andrews et al, 2004; Karlen et al, 2014).

SMAF отримується для ґрунтів певної території у три етапи:

- вибір показників-індикаторів якості ґрунтів (хімічних, фізичних та біологічних);
- інтерпретація показників (побудову функцій впливу ґрунтового індикатора на продуктивність ґрунту та (або) його екологічну ефективність, так званих «скорингових» (core – оцінка, розрахунок) кривих – scoring curve);
- інтеграція окремих показників в загальний індекс якості ґрунту (SQI – soil quality index).

Величини SMAF зазвичай розраховуються у частках одиниці. За одиницю приймається максимальне значення продуктивності ґрунту, який

забезпечений поживними речовинами та вологою, підтримує кругообіг речовин та захист довкілля (Andrews et al, 2004; Karlen et al, 2013).

В даний час технологія SMAF має «скорингові» криві або інші алгоритми інтерпретації для 13 показників, які включають фізичні властивості (електропровідність, щільність, вміст стабільних макроагрегатів, ступінь наповненості шпаруватого об'єму ґрунту вологою), деякі хімічні властивості (рН, електропровідність, вміст абсорбованого Na^+ , вміст фосфору та калію) та біологічні властивості (вміст органічного вуглецю, вміст мікробного вуглецю, вміст азоту, який потенційно може мінералізуватися та показник ферментативної активності ґрунту (активності β -глюкозидази)) (Andrews et al, 2004; Wienhold et al, 2009; Stott et al, 2013).

«Скорингові» криві та інші алгоритми інтерпретації показників якості ґрунту були верифіковані для умов США, використовуючи бази даних за властивостями ґрунтів переважно з Північної Америки (Сполучені Штати, Канада та Мексика), за винятком показника «ступінь наповненості шпаруватого об'єму ґрунту вологою» та показника «активність β -глюкозидази» (Andrews et al, 2004; Wienhold et al, 2009; Stott et al, 2010), які перевірялися на даних з інших країн світу.

SMAF використовується зараз в Сполучених Штатах для оцінки довготривалого впливу на ґрунт технологій вирощування сільськогосподарських культур, сталих сівозмін, зрошення тощо у різних територіальних масштабах, починаючи від експериментального поля до сільськогосподарських зон регіонального рівня.

Існують також спроби використовувати технологію SMAF для умов Канади, Китаю, Іспанії та Бразилії.

4.3. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів

Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення

Згідно з законом України «Про охорону земель» (ст. 54) з метою своєчасного виявлення змін стану земель, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів ведеться моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення включає: агрохімічне обстеження ґрунтів та контроль змін якісного стану ґрунтів. За матеріалами обстеження земель сільськогосподарського призначення на замовлення землекористувачів та землевласників здійснюється їх *агрохімічна паспортизація* (Методика..., 2013).

Мета обстеження земель сільськогосподарського призначення конкретніше описана в «Методиці агрохімічної паспортизації земель» (2013) і полягає у:

- визначенні показників якісного стану ґрунту;
- контролю за змінами внаслідок господарської діяльності, оцінювання ґрунту, обліку, розробки пропозицій і заходів щодо охорони;
- збереженні та відтворенні родючості ґрунтів;
- ефективному використанні мінеральних, органічних добрив, хімічних меліорантів;
- створенні на цій основі умов для забезпечення державного контролю у сфері охорони родючості ґрунтів.

Агрохімічній паспортизації підлягають земельні ділянки усіх форм власності розташовані в межах державного кордону України. Агрохімічна паспортизація орних земель проводиться через кожні 5 років, сіножатей, пасовищ та багаторічних насаджень (сади, ягідники, хмільники, виноградники) - через кожні 10 років. Відповідно до Закону України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» агрохімічну

паспортизацію проводить спеціально уповноважений орган виконавчої влади з питань аграрної політики, який делегував цю функцію державній установі «Інститут охорони ґрунтів України» (наказ Мінагрополітики від 20.03.2013 № 198).

Основними замовниками робіт з агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення є землевласники, землекористувачі, сільські, селищні ради. У разі зміни землевласника або землекористувача земельної ділянки, в тому числі при передачі її в оренду, агрохімічну паспортизацію здійснюють в обов'язковому порядку, незалежно від часу останнього обстеження. Оцінка якості земельної ділянки (агрохімічний та еколого-агрохімічний бали, клас якості та потенційна врожайність) здійснюється на основі проведеної агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, результати досліджень якої зафіксовані в агрохімічному паспорті поля, земельної ділянки (Методика..., 2013).

Обстеження земель є систематичними агрохімічними обстеженнями, які супроводжуються відбором проб ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та виконанням наступних завдань (Методика..., 2013):

- здійснення аналізу ґрунтів з метою визначення у відібраних пробах ґрунту показників їх родючості, вмісту важких металів, залишків пестицидів та радіонуклідів;
- проведення вибіркового агрохімічного обстеження;
- видачу агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки на замовлення землевласників, землекористувачів;
- визначення агрохімічного та еколого-агрохімічного балів земельних ділянок;
- виготовлення агрохімічних картограм;
- складання проектів та розроблення рекомендацій щодо ефективного використання агрохімікатів і проведення ґрунт охоронних заходів;
- створення і ведення інформаційних банків даних про якісний стан

ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичної системи для розроблення заходів у сфері охорони родючості ґрунтів;

- проведення комплексного аналізу та оцінки змін якісного стану ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення;
- виявлення негативних явищ і кризових територій, обґрунтування, планування заходів щодо їх усунення та підвищення родючості ґрунтів;
- визначення спеціальних сировинних зон виробництва сільськогосподарської продукції для виготовлення продукції дитячого та дієтичного харчування;
- підготовку та видання періодичної доповіді про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Обстеження земель сільськогосподарського призначення включає декілька етапів: підготовчий, польовий, лабораторний і камеральний. У свою чергу підготовчий етап включає: вибір об'єкта (господарства, земельної ділянки), підготовка та опрацювання відповідного картографічного матеріалу; польовий – відбір ґрунтових проб та визначення координат; лабораторний – підготовка та аналіз ґрунтових проб; камеральний – обробка результатів аналізів, формування електронної бази даних, складання картограм, виготовлення еколого-агрохімічного паспорту (Методика..., 2013).

Форма еколого-агрохімічного паспорту є універсальною на всій території України і затверджені спеціальним наказом Міністерства сільськогосподарства (№536, від 11.10.2011). Приклад еколого-агрохімічного паспорту приведено на рисунку 4.2.

Агрохімічний та еколого-агрохімічний бал земельної ділянки.

Загальні положення.

Згідно методики (Методика..., 2013) найкращим для комплексної оцінки якості ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення є

Еколого – агрохімічний паспорт поля, земельної ділянки

Схема поля, ділянки

Область *Миколаївська*
Район *Миколаївський*
Населений пункт *с.Комсомольське*
Землекористувач *МДАУ*
Сільгоспудія *рілля*
Сівозміна *польова*



Поле (зем.ділянка) № *25,07 га*

Назва ґрунту, площа в га: *1.Чорноземі південні залишково-слабосолонцюваті важкосуглинкові на лесях – 25,07 га;*

Показники агрохімічного стану ґрунтів	Методи визначення	Середньозважені величини по роках обстеження	
		2007р	Оптимум, ГДК
1	2	3	6
1. Агрофізичні			
Щільність ґрунту, г/см ³		1,1-1,2	
Продуктивна волога (ММЗПВ) в 0-100 см, мм		124	200
2. Фізико – хімічні та агрохімічні			
Актуальна кислотність, pH водний	ГОСТ 26423-85 (pH-метричний)	7,3	
Сума увібраних основ, мг-екв./100 г		34-35	
Тип засолення			
Ступінь засолення			
Увібраний натрій, мг-екв./100 г	ГОСТ 26950-86		0,40

1	2	3	6
Вміст в орному шарі: гумусу, %	ГОСТ 26213 – 91 (за Тюріним)	3,8	6,2
азоту (за нітрифікаційною здатністю ґрунту), мг/кг			
незрошувані землі	ГОСТ 26951 – 86 (за Кравковим)	29	30
зрошувані землі			60
рухомого фосфору, мг/кг	ГОСТ 26204 – 91 (за Чиріковим)	212	176
обмінного калію, мг/кг	ГОСТ 26204 – 91 (за Чиріковим)	300	151
Рухомих форм мікроелементів, мг/кг: цинку	МУ - 92 ЦІНАО (в ацетатно-амонійній витяжці з pH 4,8)	0,52	1,5
марганцю		13,5	30
бору	Фотометричний		
Агрохімічна оцінка в балах		74	
3. Рівень забруднення ґрунтів			
Вміст рухомих форм, мг/кг: кадмію	МУ - 92 ЦІНАО (в ацетатно-амонійній витяжці з pH 4,8)	0,096	3,0
свинцю	МР № 4096-86 (валовий вміст)	0,58	6,0
ртуті	МУ - 92 ЦІНАО (валовий вміст)	0,012	2,1
міді	МУ - 92 ЦІНАО (в ацетатно-амонійній витяжці з pH 4,8)	0,08	3,0
кобальту		0,44	5,0
Залишки пестицидів, мг/кг: ДДТ і його метаболіти	За методиками, що затверджені МОЗ (методами тонкошарової та газово – рідинної хроматографії)		0,1
гексахлоран (сума ізомерів)			0,1
2,4 Д - аміна сіль			0,25
сімазин			0,2
атразин			0,5
гептахлор			0,05
Щільність забруднення, Кі/км ² : цезій - 137	МР – 93 (гамма-спектрометрія)	0,044	5,0
стронцій - 90	Му - 85 (радіохімія)		0,22
Зведена еколого – агрохімічна оцінка в балах		58	
Ресурс родючості поля, ц/га зернових одиниць		23,7	

Рисунок 4.2. Еколого-агрохімічний паспорт поля №17 навчально-науково-дослідного центру МНАУ.

агроекологічний метод, який враховує сукупність основних властивостей, що характеризують здатність ґрунту забезпечувати потребу рослин у поживних речовинах і вологі в конкретних умовах повітряного, теплового режимів і реакції ґрунтового розчину.

Агрохімічний бал ґрунту поля (земельної ділянки) розраховується на основі значень 14 показників якісного стану, що занесені у агрохімічний паспорт, а саме, максимально можливі запаси продуктивної вологи, реакція ґрунтового розчину, сума увібраних основ, вміст в орному шарі гумусу, азоту, що легко гідролізується, нітрифікаційна здатність ґрунту, рухомі сполуки фосфору, калію, сірки, бору, молібдену, марганцю, кобальту, міді, цинку) (табл. 4.3).

Агрохімічна оцінка ґрунтів проводиться за кожним із цих показників за замкнутою 100-бальною шкалою, де за 100 балів приймається агрохімічний показник еталонного ґрунту. За еталон приймають не максимальне, а саме

оптимальне значення показника (за виключенням гумусу), що цілком відповідає основному закону землеробства – *закону оптимуму*. Для вмісту гумусу еталонному значенню відповідає величина 6,2 % (у шарі 0-20 см). Такий вміст характерний для найродючіших чорноземів звичайних середньогумусних важкосуглинкових і легкоглинкових, а також для чорноземів типових середньогумусних середньосуглинкових (Методика..., 2013).

Еталонні значення показників приймаються однаковими для всієї території України, що забезпечує розробку єдиної оцінювальної шкали та можливості зведення та зіставлення між собою агрохімічних (еколого-агрохімічних) балів ґрунтів.

Еталонні значення показників, які використовуються у розрахунку екологічного балу наступні:

- запаси продуктивної вологи у шарі 0-100 см – 200 мм;
- сума увібраних основ – 30 мг-екв/100г;
- вмісту гумусу – 6,2 %;
- вміст азоту, що легко гідролізуються – 225 мг/кг ґрунту;
- нітрифікаційна здатність ґрунту – 40,0 мг/кг ґрунту;
- вміст рухомих сполук фосфору за Кірсановим – 200 мг/кг ґрунту; за Чиріковим - 200 мг/кг ґрунту; за Мачигінім – 60 мг/кг ґрунту;
- вміст рухомих сполук калію за Кірсановим – 220 мг/кг ґрунту; за Чиріковим - 180 мг/кг ґрунту; за Мачигінім – 400 мг/кг ґрунту;
- вміст рухомих сполук сірки – 12 мг/кг ґрунту;
- вміст рухомих сполук мікроелементів: марганцю – 21 мг/кг ґрунту; цинку – 5,1 мг/кг ґрунту; міді – 0,51 мг/кг ґрунту; кобальту – 0,31 мг/кг ґрунту; бору – 0,71 мг/кг ґрунту; молібдену – 0,23 мг/кг ґрунту.

До переліку факторів, які враховуються, відносяться реакція ґрунтового розчину, фактор клімату та фактор зрошення, низка негативних властивостей ґрунтів – засолення, солонцюватість, оглеєння, щебенюватість,

Таблиця 4.3. Показники ґрунту, за якими проводяться розрахунки агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки

Показник	Одиниця вимірювання	Методи визначення
Максимально можливі запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 - 100 см	мм	Довідникові дані (Агрокліматичні довідники за адміністративними областями України та ін.)
Реакція ґрунтового розчину рН сольове		ГОСТ 26 483 85
рН водне		ГОСТ 26 423 85
Сума увібраних основ	мг-екв/100 г	Каппена (ГОСТ 27821-88)
Гумус	%	ДСТУ 4289
Азот, що легко гідролізується	мг/кг	Корнфілда (Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда. М., 1985)
Нітрифікаційна здатність	мг/кг	Кравкова (ГОСТ 26 951 86)
Рухомі сполуки фосфору	мг/кг	Чирікова (ДСТУ 4115-2002) Кірсанова (ДСТУ 4405-2005) Мачигіна (ДСТУ 4114-2002)
Рухомі сполуки калію	мг/кг	Чирікова (ДСТУ 4115-2002) Кірсанова (ДСТУ 4405-2005) Мачигіна (ДСТУ 4114-2002)
Рухомі форми сірки	мг/кг	ГОСТ 26 490-85
Рухомі форми марганцю	мг/кг	ДСТУ 4770.1:2007
Рухомі форми цинку	мг/кг	ДСТУ 4770.2:2007
Рухомі форми міді	мг/кг	ДСТУ 4770.6:2007
Рухомі форми кобальту	мг/кг	ДСТУ 4770.5:2007
Рухомі форми бору	мг/кг	Бергері Труога (ОСТ 10 150-88)
Рухомі форми молібдену	мг/кг	Григга (ОСТ 10-151-88)

ступінь розкладання торфу тощо, які впливають на величину агрохімічного балу через певні поправкові коефіцієнти. Трансформація агрохімічного балу в еколого-агрохімічний пов'язаний з врахуванням ступеню забруднення важкими металами, радіонуклідами і пестицидами. Розрахунок еколого-агрохімічного балу проводиться шляхом послідовного множення агрохімічного балу на відповідні коефіцієнти поправок.

Поправкові коефіцієнти на негативні властивості та зрошення

враховуються при їх наявності, а у разі відсутності зрошення або певних негативних властивостей ґрунтів ці коефіцієнти будуть дорівнювати одиниці. Поправковий коефіцієнт на клімат є обов'язковим при розрахунку еколого-агрохімічного балу для всіх регіонів України.

У разі виявлення у ґрунті одночасно ознак засолення та солонцюватості поправковий коефіцієнт вноситься лише на одну з двох негативних властивостей, яка має нижчий поправковий коефіцієнт. Наприклад, якщо ґрунт степової зони є слабозасоленим (содове засолення), поправковий коефіцієнт дорівнює 0,85, і, одночасно, є слабосолонцюватим, коефіцієнт, якого дорівнює 0,88, то в загальну бальну оцінку вноситься лише коефіцієнт, що відповідає за засолення (0,85).

Алгоритм розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балу земельної ділянки

Алгоритм розрахунку еколого-агрохімічного балу ґрунту поля (земельної ділянки) включає п'ять етапів (Методика..., 2013):

- розрахунок середнього значення для показників родючості, по кожній агровиробничій групі ґрунтів;
- розрахунок середнього значення для показників родючості, які стосуються мікроелементів живлення по кожній агровиробничій групі ґрунтів;
- розрахунок агрохімічного балу по кожній агровиробничій групі ґрунтів;
- розрахунок еколого-агрохімічного балу по кожній агровиробничій групі ґрунтів;
- розрахунок середньо зваженого еколого-агрохімічного балу поля, земельної ділянки.

Розрахунок балу за окремими показниками ґрунту здійснюється шляхом ділення фактичного значення показника на еталонний, якщо фактичне значення більше ніж еталонне, то показник буде дорівнювати 100

Таблиця 4.4. Поправкові коефіцієнти на кислотність ґрунту

Ґрунти	pH _{KCL}	Поправкові коефіцієнти	
		Полісся	Лісостеп, Степ
Мінеральні ґрунти			
Близькі до нейтральних	5,6-6,0	1,00	0,96
Слабко кислі	5,1-5,5	0,92	0,86
Середньо кислі	4,6-5,0	0,85	0,81
Сильно кислі	<4,6	0,74	0,71
Торф'яні ґрунти			
Близькі до нейтральних	>4,8	1,00	-
Слабко кислі	4,2-4,8	0,92	-
Середньо кислі	3,5-4,1	0,85	-
Сильно кислі	<3,5	0,70	-

Таблиця 4.5. Поправкові коефіцієнти на лужність ґрунтів

Реакція ґрунтового розчину	pH _{H2O}	Поправкові коефіцієнти
Нейтральна	6,6-7,5	1,0
Слабо лужна	7,6-8,5	0,92
Середньо лужна	8,6-9,0	0,80
Сильно лужна	9,1-10,0	0,40
Дуже сильно лужна	10,1-12,0	0,10

(Методика..., 2013):

$$B_i = \begin{cases} \frac{a_i}{b_i} & \text{при } a_i \leq b_i \\ b_i & \text{при } a_i > b_i \end{cases}, \quad (4.17)$$

де B_i – бал i -го показника властивостей; a_i – фактичне значення i -того показника родючості; b_i – еталонне значення i -того показника родючості.

Розрахунок середнього значення для балів, що відносяться до мікроелементів живлення (Методика..., 2013):

$$B_M = \frac{1}{7} \sum_{k=1}^7 B_k, \quad (4.18)$$

де B_M – середнє значення балів, які визначають вплив на родючість ґрунту мікроелементів живлення; B_k – значення балу показника, що показує на вплив кожного з семи мікроелементів живлення (сірка, молібден, бор, марганець, мідь, цинк, кобальт) на родючість ґрунту. Якщо визначається менше ніж сім мікроелементів живлення, то в розрахунок за формулою (4.18) береться реальна кількість значень.

Таблиця 4.6. Поправкові коефіцієнти на клімат та зрошення

Адміністративна область	Поправкові коефіцієнти		Адміністративна область	Поправкові коефіцієнти	
	Клімат	Зрошення		Клімат	Зрошення
Полісся					
Волинська	0,93	1,00	Ровенська	0,93	1,00
Житомирська	0,93	1,00	Сумська	0,91	1,03
Київська	0,93	0,93	Чернігівська	0,91	1,03
Лісостеп					
Вінницька	0,94	1,11	Рівненська	0,93	1,00
Волинська	0,93	1,00	Сумська	0,89	1,08
Житомирська	0,92	1,06	Тернопільська	0,95	1,00
Івано-Франківська	0,89	1,00	Харківська	0,90	1,13
Київська	0,90	1,08	Хмельницька	0,96	1,03
Кіровоградська	0,88	1,21	Черкаська	0,89	1,15
Львівська	0,89	1,00	Чернігівська	0,94	1,03
Полтавська	0,90	1,03	Чернівецька	0,89	1,00
Одеська	0,88	1,26			
Степ					
Луганська	0,86	1,27	Миколаївська	0,83	1,40
Дніпропетровська	0,85	1,32	Одеська	0,86	1,43
Донецька	0,90	1,27	Херсонська	0,68	1,77
Запорізька	0,83	1,42	Харківська	0,88	1,20
Кіровоградська	0,86	1,25	АР Крим	0,83	1,40
Сухий Степ					
Запорізька	0,81	1,50	Одеська	0,79	1,67
АР Крим	0,73	1,75	Херсонська	0,68	1,83
Карпатська гірська область					
Закарпатська	0,84	1,00	Львівська	0,72	1,00
Івано-Франківська	0,76	1,00	Чернівецька	0,84	1,00
Гірський Крим					
АР Крим	0,84	1,39			

Розрахунок агрохімічного балу окремої агровиробничої групи ґрунтів виконується за формулою

$$B_A = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^7 (B_i - B_M) \times K_{pH} \quad (4.19)$$

де B_A – агрохімічний бал окремої агровиробничої групи ґрунтів, B_i – бал за окремим показником родючості (запас продуктивної вологи, сума поглинених основ, вміст гумусу, азоту, що легко гідролізуються, нітрифікаційна здатність, вміст рухомих форм фосфору та калію), B_M – середнє значення балів, які визначають вплив на родючість ґрунту мікроелементів живлення (згідно, 4.18), а реакція ґрунтового розчину враховується через поправковий коефіцієнт (K_{pH}), який визначається згідно (табл. 4.4 та 4.5). Перехід до еколого-агрохімічного балу (B_{EA}) здійснюється шляхом внесення

Таблиця 4.7. Поправкові коефіцієнти на засоленість та солонцюватість

Тип засолення	Ступінь засолення та осолонцювання	Поправкові коефіцієнти			
		Полісся	Лісостеп	Степ	Сухий степ
		Засолені ґрунти			
Содове і змішане	Слабозасолені		0,88	0,85	0,83
	Середньо засолені		0,78	0,70	0,70
	Сильно засолені		0,59	0,40	0,40
	Дуже сильно засолені		0,31	0,25	0,25
Сульфатне і хлоридно-сульфатне	Слабозасолені			0,88	0,88
	Середньо засолені			0,75	0,75
	Сильно засолені			0,45	0,45
	Дуже сильно засолені			0,29	0,29
		Солонцюваті ґрунти			
	Слабо солонцюваті	0,89	0,89	0,88	0,88
	Середньо солонцюваті	0,71	0,71	0,68	0,68
	Сильно солонцюваті	0,59	0,59	0,55	0,55
	Солонці глибокі	0,55	0,55	0,55	0,60
	Солонці середні	0,45	0,45	0,45	0,50
	Солонці мілкі	0,30	0,30	0,30	0,40
	Солонці коркові	0,15	0,15	0,15	0,25

Таблиця 4.8. Поправкові коефіцієнти на рівень забруднення ґрунтів радіонуклідами

Рівень забруднення цезієм, Кі/км ²	Рівень забруднення стронцієм, Кі/км ²	Поправкові коефіцієнти	
		Полісся	Лісостеп, Степ
<1,0	<0,02	1,00	1,00
1,01-2,0	0,021-0,050	0,98	1,00
2,01-3,0	0,051-0,080	0,96	1,00
3,01-4,0	0,081-0,110	0,94	1,00
4,01-5,0	0,111-0,140	0,92	1,00
5,01-6,0	0,141-0,150	0,90	1,00
6,01-7,0	0,151-0,500	0,82	0,92
7,01-8,0	0,501-0,800	0,79	0,89
8,01-9,0	0,801-1,100	0,76	0,87
9,01-10,0	1,101-1,400	0,73	0,86
10,01-11,0	1,401-1,700	0,70	0,84
11,01-12,0	1,701-2,000	0,66	0,82
12,01-13,0	2,001-2,300	0,62	0,81
13,01-14,0	2,301-2,600	0,58	0,79
14,01-14,99	2,601-2,990	0,54	0,76
>15,00	>3,000	0,50 і виводиться з сільськогосподарського використання	0,73 і виводиться з сільськогосподарського використання

поправок на клімат, зрошення та негативні властивості ґрунтів (табл. 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10) до агрохімічного балу окремої агровиробничої групи ґрунтів:

Таблиця 4.9. Поправкові коефіцієнти на скелетність ґрунтів

Групи ґрунтів за скелетністю	Уміст скелетних часточок, % від об'єму в шарі ґрунту 0-20 см	Поправкові коефіцієнти
Дрібноземисті	<10	1,00
Слабохрящуваті	10-30	0,95
Середньохрящуваті	30-50	0,80
Сильнохрящуваті	>50	0,60
Хрящувато-щебнюваті	10-30	0,80
Щебнюваті	30-50	0,60
Щебнювато-кам'янисті	50-70	0,40
Слабокам'янисті	<10	0,93
Середньокам'янисті	10-20	0,80
Сильнокам'янисті	20-50	0,65
Дуже сильнокам'янисті	50-70	0,48
	70-90	0,15
Скелетні	>90	0,10

Таблиця 4.10. Поправкові коефіцієнти на гідроморфність ґрунтів

Ґрунти	Глеюваті	Глеєві	Сильноглеєві	
	Рівень ґрунтових вод,м			
	1,5-2,0	1,0-1,5	0,5-1,0	<0,5
Дерново-підзолисті, сірі опідзолені:				
піщані і глинисто-піщані	1,29	0,83	0,68	-
супіщані і суглинкові	0,92	0,76	0,63	-
Лучно-чорноземні	1,16	-	-	-
Лучно-каштанові	1,24	-	-	-
Дернові, лучні і лучно-болотні:				
піщані і глинисто-піщані	1,29	0,83	0,68	0,10
супіщані і суглинкові	0,92	0,61	0,21	0,10
Торофово-болотні	-	0,60	0,32	0,10
Торфовища	-	0,47	0,30	0,10

$$B_{EA} = B_A \cdot k_{кл} \cdot k_{зр} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_n \quad (4.20)$$

де B_A – агрохімічний бал окремої агровиробничої групи ґрунтів, згідно (4.19), $k_{кл}$ та $k_{зр}$ – коефіцієнти, які враховують вплив клімату і зрошення на родючість ґрунтів, а $k_1, k_2, \dots, k_n$ – коефіцієнти, які описують вплив негативних властивостей ґрунтів (засолення, осолонцювання, забруднення радіонуклідами тощо) на агрохімічний бал.

При наявності на полі кількох агровиробничих груп ґрунтів середня оцінка родючості (середнє значення еколого-агрохімічного балу)

розраховується як середньозважене за площами агровиробничих груп (Методика..., 2013):

$$B_{EA} = \frac{S_1 \times B_{EA1} + S_2 \times B_{EA2} + \dots + S_n \times B_{EAn}}{S}, \quad (4.21)$$

де $S_1, S_2, \dots, S_n$ – площа кожної агровиробничої групи ($S_1 + S_2 + \dots + S_n = S$), $B_{EA1}, B_{EA2}, B_{EAn}$ – еколого-агрохімічний бал кожної агроекологічної групи.

Приклад розрахунку агрохімічного та еколого-агрохімічного балів на окремо взятому полі

Приклад, який запозичений з (Методика..., 2013), стосується земель, що знаходиться поряд з селом Пересічне Дергачівського району Харківської області. Загальна площа поля – 45,0 га. У межах поля знаходяться дві ґрунтові відміни (25 та 20 га): шифр агрогрупи 49е – Темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані слабоеродовані важко суглинкові та 40е – темно-сірі опідзолені та слабкореградовані важкосуглинкові ґрунти.

Вихідні дані агрохімічних та ґрунтових властивостей такі. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту по 197 мм у кожному із ґрунтів. Сума увібраних катіонів в ґрунті 49е – 25,6 мг.-екв на 100 г ґрунту, а в ґрунті 40е – 29,3 мг.-екв на 100 ґрунту, рН – 6,0 та 5,9, вміст гумусу – 3,4 % та 3,5 %, вміст азоту, що легко гідролізується – 94 та 100 мг/кг ґрунту, фосфору – 118 та 123 мг/кг ґрунту, калію – 128 та 129 мг/кг ґрунту, сірки – 11 та 12 мг/кг ґрунту, марганцю – 5,6 та 5,7 мг/кг ґрунту, цинку – 1,5 та 1,6 мг/кг ґрунту, міді – 0,5 та 0,5 мг/кг ґрунту, кобальту – 0,3 та 0,3 мг/кг ґрунту, молібдену – 0,23 та 0,23 мг/кг ґрунту, бору – 0,6 та 0,7 мг/кг ґрунту, відповідно. Дані щодо, нітріфікаційної здатності ґрунту відсутні.

Для першого ґрунту (49е) визначаємо, згідно (4.16) бали за окремими показниками родючості:

$$B_{зпв} = \frac{197}{200} \cdot \frac{100}{100}, \quad B_{оук} = \frac{25,6}{30} \cdot \frac{100}{100}, \quad B_{гум} = \frac{3,4}{6,2} \cdot \frac{100}{100}; \quad B_{азот} = \frac{94}{225} \cdot \frac{100}{100}, \quad B_{фосф} = \frac{118}{200} \cdot \frac{100}{100}; \quad B_{калій} = \frac{128}{180} \cdot \frac{100}{100}; \quad B_{сірка} = \frac{11}{12} \cdot \frac{100}{100}$$

$$; B_{\text{марг}} \frac{56}{21} \frac{100}{100} ; B_{\text{цинк}} \frac{15}{51} \frac{100}{100} ; B_{\text{мідь}} \frac{05}{051} \frac{100}{100} ; B_{\text{коб}} \frac{03}{031} \frac{100}{100} ; B_{\text{мол}} \frac{023}{023} \frac{100}{100} ; B_{\text{бор}} \frac{06}{071} \frac{100}{100} .$$

Оскільки значення рН для ґрунтової відміни 49е становить 6,0, то поправковий коефіцієнт, згідно даних таблиці 4.4, дорівнює 0,96.

Для другого ґрунту (40е) визначаємо, згідно (4.16) бали за окремими показниками родючості:

$$B_{\text{зпв}} \frac{197}{200} \frac{100}{100} ; B_{\text{оук}} \frac{295}{30} \frac{100}{100} ; B_{\text{гум}} \frac{35}{62} \frac{100}{100} ; B_{\text{азот}} \frac{100}{225} \frac{100}{100} ; B_{\text{фосф}} \frac{123}{200} \frac{100}{100} ; B_{\text{калій}} \frac{129}{180} \frac{100}{100} ; B_{\text{сірка}} \frac{12}{12} \frac{100}{100} ; B_{\text{марг}} \frac{57}{21} \frac{100}{100} ; B_{\text{цинк}} \frac{16}{51} \frac{100}{100} ; B_{\text{мідь}} \frac{05}{051} \frac{100}{100} ; B_{\text{коб}} \frac{03}{031} \frac{100}{100} ; B_{\text{мол}} \frac{023}{023} \frac{100}{100} ; B_{\text{бор}} \frac{07}{071} \frac{100}{100} .$$

Оскільки значення рН для ґрунтової відміни 40е становить 5,9, то поправковий коефіцієнт, згідно даних таблиці 4.4, дорівнює 0,96.

Середнє значення балів, що відносяться до мікроелементів живлення (згідно 4.18) для ґрунту 49е буде дорівнювати

$$B_{\text{мікро}} \frac{92+27+29+98+97+100+85}{7} .$$

Середнє значення балів, що відносяться до мікроелементів живлення для ґрунту 40е розраховується аналогічно

$$B_{\text{мікро}} \frac{100+27+31+98+97+100+99}{7} .$$

Згідно (4.19) визначається агрохімічний бал окремої агровиробничої групи ґрунтів 49е та 40е:

$$B_{A44e} \frac{99+85+55+42+59+71+75}{7} ,$$

$$B_{A40e} \frac{99+98+56+44+62+72+79}{7} .$$

Перехід до *еколого-агрохімічного балу* здійснюється шляхом внесення поправок на клімат, зрошення та негативні властивості ґрунтів, згідно (4.20). Поправковий коефіцієнт на кліматичні умови для Харківської області становить 0,90. Зрошення, забруднення важкими металами, радіонуклідами

та залишками пестицидів не спостерігається, а тому еколого-агрохімічний бал для ґрунту 49е буде дорівнювати

$$B_{EA49e}$$

а для ґрунту 40е

$$B_{EA40e}$$

Середня кількісна оцінка родючості (середнє значення еколого-агрохімічного балу) для всієї ділянки розраховується, згідно (4.21), як середньозважене за площами агровиробничих груп:

$$B_{EA} = \frac{20 \cdot 60 + 25 \cdot 63}{45} .$$

4.4. Бонітування ґрунтів

Визначення, мета, задачі та засади бонітування

Згідно з статтею 119 Земельного кодексу України, бонітування ґрунтів - це *«порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, що вирощуються у конкретних природно-кліматичних умовах»*.

Дані бонітування ґрунтів є складовою державного земельного кадастру та є основою проведення економічної оцінки сільськогосподарських угідь і враховуються при визначенні придатності ґрунтів щодо вирощування певних сільськогосподарських культур. Підставою для проведення бонітування ґрунтів може бути рішення органу виконавчої влади або органу місцевого самоврядування. У перекладі з латини «bonitas» означає «добротність».

Згідно зі статтею 16 Закону України "Про оцінку земель", який визначає основні засади процедури бонітування ґрунтів, бонітування повинно проводитись на землях сільськогосподарського призначення як мінімум раз на 7 років. Основна мета бонітування - кількісне визначення якості ґрунтів за їх родючістю, тобто визначення наскільки один ґрунт краще або гірше за інший здатен забезпечувати вимоги певних

сільськогосподарських культур до вологи та поживних елементів при приблизно однаковому рівні агротехніки. Як правило, бонітування ґрунтів виконується у відносних одиницях (балах).

Критерії бонітування ґрунтів – їх природні діагностичні ознаки та ознаки, які були набуті в процесі тривалого землеробського використання, що корелюють з урожайністю основних сільськогосподарських культур, а при бонітуванні кормових угідь – з продуктивністю сіножатей і пасовищ. Бонітування ґрунтів повинно базуватися на глибокому і всебічному вивченні та встановленні впливу окремих ознак ґрунтів і їх співвідношень на урожайність культур. Однак проводити бонітування ґрунтів за фактичною урожайністю неможливо, оскільки вона залежить не лише від якості ґрунту, а й від економічних факторів ведення агровиробництва (забезпеченість основними й оборотними фондами, кількість внесених добрив, кваліфікація спеціалістів сільського господарства тощо). Якість землі визначає урожайність лише за умови, що інші фактори виробництва однакові.

Сучасний етап бонітування в Україні

Сучасний етап бонітувальних робіт в Україні починається з робіт з В.П. Кузьмичова (1969, 1970), який розрахував порівняльні оцінки продуктивності ґрунтів, взявши за основний критерій їх якості багаторічну врожайність провідних для основних природних зон культур. Було зібрано колосальну інформацію з 10000 колгоспів та радгоспів України за 20 років. Для того, щоб відокремити вплив ґрунтів від дії інших чинників було запропоновано певне окреме сільськогосподарське районування. Було виділено 101 район з однотипними ґрунтами, кліматом, спеціалізацією господарств та з приблизно однаковим рівнем забезпеченості цих господарств виробничими ресурсами (робочою силою, сільськогосподарською технікою, органічними та мінеральними добривами тощо). У межах окремих адміністративних районів землі господарств поєднували в окремі агровиробничі групи. А отже елементарною просторовою одиницею бонітування була саме агровиробнича

група та ґрунтовий вид, який домінував у ній (Медведев, Плиско, 2006).

Авторами було складено декілька оцінювальних шкал для загальних бонітетів (за врожайністю і валовими зборами з гектара ріллі основної продукції зернових і технічних культур, яка була уніфікована через зернові одиниці), а також були розроблені часткові бонітети за врожайністю окремих культур. На базі ґрунтової карти України 1:1500000 було складено картосхеми бонітетів ґрунтів за ступенем їхньої придатності до вирощування різних культур, а також опрацьовано єдину шкалу якісної оцінки ґрунтів України (Медведев, Плиско, 2006).

Попри значну і результативну роботу, виконану під керівництвом В.П. Кузьмичова, методика бонітування за врожайністю жорстко критикувалася як ученими, так і виробничниками через те, що *врожайність не є тільки функцією родючості ґрунтів* і не може бути використана у бонітуванні ґрунтів без точного урахування кліматичних та господарських критеріїв.

М.І. Полупан і ін. (2008) запропонували методику бонітування ґрунтів, головним критерієм якого був також врожай сільськогосподарських культур, але на відміну від попередньої методики в розрахунок бралися данні врожайності на контрольних ділянках в межах тривалих стаціонарних польових дослідів. Цей підхід через недостатню кількість стаціонарних дослідів, проблем з просторовою екстраполяцією даних та очевидною невідповідністю виробничим умовам умов проведення польових дослідів в наукових установах не отримав широкого поширення.

Бонітування ґрунтів і земель за методикою Сірого

Більш-менш досконалу методику бонітування ґрунтів запропонував А.І. Сірий (1987) з Національного університету біоресурсів і природокористування наприкінці 80-х років 20-го сторіччя. За основні критерії були використані запаси доступної вологи, запаси гумусу і поживних речовин, тобто, об'єктивні критерії, що характеризують родючість ґрунту. За додаткові - показники місцевих умов, що знижують родючість

(засоленість, солонцюватість, кислотність, оглеєння тощо). Нарешті, у методиці знайшли відбиття і особливості клімату, і технологічні особливості конкретної земельної ділянки (рельєф, крутість та експозиція схилу, розмір і конфігурація поля тощо). Тобто, у цій методиці оцінено не тільки ґрунт, але й весь комплекс умов, що визначають ефективність використання земель. Серед недоліків не завжди обґрунтоване використання поправних коефіцієнтів, довільні і недостатньо обґрунтовані показники еталонного ґрунту, бонітет якого прийнято за 100 балів та обмежену перевірку результатів бонітування (Медведев, Плиско, 2006). Водночас, основні постулати методики Сірого збігаються з методиками, які існують у багатьох інших країнах.

Методика реалізується на основі матеріалів ґрунтового та агрохімічного обстеження певної території. Для проведення бонітування необхідні такі матеріали: план ґрунтів господарства в масштабі 1:10000 або 1:25000, ґрунтовий нарис, дані про забезпеченість ґрунтів елементами живлення (азотом, фосфором, калієм), рН сольової витяжки, довідкова література про водно-фізичні властивості ґрунтів.

Бонітування починається з оцінки ґрунтів конкретної агровиробничої групи. Для цього по кожній агровиробничій групі збирають вхідні дані і виконують розрахунок (Сірий, 1987).

Вміст гумусу (в %) та його запаси (т/га) у шарі ґрунту 0-100 см. Запаси гумусу розраховують спочатку в окремих генетичних горизонтах за формулою:

$$M_i = \alpha \cdot \gamma \cdot h, \quad (4.22)$$

де M_i – запаси гумусу для i -го горизонту ґрунту, т/га; α – вміст гумусу, %; γ – щільність ґрунту, г/см³; h – потужність горизонту, см. Пошарові дані підсумовуються за горизонтами і отримується загальний запас гумусу (M , в т/га) у шарі ґрунту 0-100 см:

$$M = \sum_{i=1}^n M_i \quad (4.23)$$

Максимально можливі запаси продуктивної вологи (діапазон активної вологи) розраховують як різницю між найменшою вологоємністю та вологістю в'янення для кожного 10-сантиметрового шару або генетичного горизонту ґрунту за формулою:

$$\text{ДАВ}_i = \text{НВ}_i - \text{ВЗ}_i \cdot \gamma_i \times h_i, \quad (4.24)$$

де ДАВ_i – діапазон активної вологи i -го шару ґрунту, мм; НВ_i – найменша вологоємність i -го шару ґрунту, %; ВЗ_i – вологість в'янення i -го шару ґрунту, %; γ_i – щільність i -го шару ґрунту, г/см³; h_i – глибина шару, см; 0,1 – коефіцієнт для перерахунку з відсотків у мм.

Результати за шарами ґрунту підсумовують і одержують величину ДАВ у метровій товщі:

$$\text{ДАВ} = \sum_1^n \text{ДАВ}_i. \quad (4.25)$$

Якщо нема пошарових даних щодо вологості в'янення та найменшої вологості, то вихідні показники для розрахунку діапазону активної вологи беруться з довідкової літератури.

Три інших основних критеріїв (або «типових діагностичних ознак» за Сірим) це показники вмісту елементів живлення (азот, фосфор та калій) в орному шарі ґрунту 0-30 см визначають виключно за результатами агрохімічного обстеження ґрунтів. При цьому обов'язково вказують на методи визначення цих елементів живлення.

На наступному етапі розраховуються окремі бали по кожному з основних показників родючості (запаси гумусу, ДАВ, вміст азоту, фосфору та калію) за формулою:

$$B_{\text{то}} = \frac{\Phi_{\text{то}} - 100}{E_{\text{то}}} \quad (4.26)$$

де $B_{\text{то}}$ – бал типової діагностичної ознаки; $\Phi_{\text{то}}$ – фактичне значення ознаки; $E_{\text{то}}$ – еталонне значення ознаки. Еталоном запасів гумусу є величина 500 т/га у шарі 0-100 см. Такі його запаси характерні для найродючіших типових і звичайних глибоких високо гумусованих чорноземів. Для діапазону активної вологи еталоном є величина 200 мм засвоюваної вологи у шарі 0-100 см.

Таблиця 4.11. Коефіцієнти поправок на негативні властивості ґрунтів (кислотність, засолення, солонцюватість)

Ступінь вираженості негативних властивостей	Коефіцієнти поправок для зон			
	Полісся	Лісостеп	Степ	Сухий степ
I. Кислотність (рН КСІ)				
Близькі до нейтральних (рН 5,6-6,0)	1,00	0,96		
Слабокислі (рН 5,1-5,5)	0,92	0,89		
Середньокислі (рН 4,6-5,0)	0,85	0,81		
Сильнокислі (рН 3,5-4,6)	0,74	0,71		
II. Засолення				
<i>Содове і змішане</i>				0,85
Слабозасолені	0,88	0,88	0,85	0,70
Середньозасолені	0,78	0,78	0,70	0,40
Сильнозасолені	0,59	0,59	0,40	0,25
Солончаки	0,31	0,31	0,25	
<i>Сульфатне і хлоридно-сульфатне</i>				
Слабозасолені			0,88	0,88
Середньозасолені			0,75	0,75
Сильнозасолені			0,45	0,45
Солончаки			0,29	0,29
<i>Сульфатно-хлоридне і хлоридне</i>				
Слабозасолені			0,90	0,90
Середньозасолені			0,72	0,72
Сильнозасолені			0,48	0,48
Солончаки			0,30	0,30
III. Солонцюватість				
Слабосолонцюваті	0,89	0,89	0,88	0,88
Середньосолонцюваті	0,71	0,71	0,68	0,68
Сильносолонцюваті	0,59	0,59	0,55	0,58
Солонці глибокі	0,55	0,55	0,55	0,58
Солонці середні	0,45	0,45	0,45	0,50
Солонці неглибокі	0,30	0,30	0,30	0,40
Солонці кіркові	0,15	0,15	0,15	0,25

Такий її запас повністю задовольняє потреби рослин у воді. В ґрунтах з таким запасом створюється оптимальний водно-повітряний режим. Еталонами для елементів живлення є такі величини:

- для сполук азоту, які легко гідролізуються і визначаються за методом Тюріна-Конової – 10 мг на 100 г ґрунту;

Таблиця 4.12. Поправкові коефіцієнти на оглеєність ґрунтів

Ґрунт	Глеюваті, глибинаґрунтових вод 1,5-2м	Глейові, глибинаґрунтових вод 1,0-1,5м	Сильно- глейові, глибина ґрунтових вод 0,5-1м	Глибина ґрунтових вод до 0,5 м
Дерново-підзолистий і сірий опідзолений:				
піщаний і глинисто- піщаний	1,29 0,92	0,83 0,76	0,68 0,63	
супіщаний і суглинковий				
Лучно-чорноземний	1,16			
Лучно-каштановий	1,24			
Торфово-болотний, торфовий, лучно- болотний, лучний		0,81	0,21	0,10

Таблиця 4.13. Поправкові коефіцієнти на щільність ґрунтів

Градації	Щільність зложення, г/см ³	Коефіцієнт
Дуже сильно щільний	>1,5	0,43
Сильно щільний	1,5-1,4	0,68
Щільний	1,4 -1,3	0,80
Ущільнений	1,3 -1,2	0,91
Оптимальний	1,2 – 1,1	1,00
Пухкий	<1,0	0,97

для рухомих сполук фосфору, визначених за: Кірсановим – 26 мг на 100 г ґрунту, Чиріковим – 20 мг на 100 г ґрунту, Мачигінім – 6 мг на 100 г ґрунту;

• для рухомого калію, що визначається за методом Кірсанова – 17 мг на 100 г ґрунту, Чирікова – 20 мг на 100 г ґрунту, Мачигіна – 40 мг на 100 г ґрунту, Пейве – 25 мг на 100 г ґрунту і Маслової – 20 мг на 100 г ґрунту.

Наступним кроком є оцінка середнє зваженого значення балу усіх розрахованих типових критерії (4.23, 4.25, 4.26), які обчислюють для даного ґрунту за формулою:

$$B_{сз} = \frac{B_{T01} \times C_1 + B_{T02} \times C_2 + \dots + B_{T05} \times C_5}{\sum_1^5 C_n} \quad (4.27)$$

Таблиця 4.14. Поправкові коефіцієнти на технологічні властивості земель

I. Контурність			
Площа, га	Розмір ділянки	Ширина, м	Коефіцієнти
	Довжина, м		поправок
Понад 10			1,00
5-10			0,95
3-5			0,90
1-3			0,85
до 1,0	50	200	0,41
	75	133	0,52
	100	100	0,60
	125	80	0,65
	150	67	0,71
	175	57	0,74
	200	50	0,75
	225	44	0,80
	250	40	0,82
	275	36	0,84
	300	33	0,85
	350	29	0,87
	400	25	0,88
	450	22	0,90
	500	20	0,91
	600	17	0,93
	700	14	0,94
	800	12	0,96
	1000	10	0,97
	1250	8	0,98
	2000	5	1,00
II. Завалуненість (кам'янистість) поверхні			
Ступінь кам'янистості	Об'єм каменів, м ³ /га	Коефіцієнти поправок	
Слабка	До 5	0,98	
	5-10	0,96	
	10-20	0,93	
	20-50	0,89	
Середня	50-100	0,80	
Сильна	100-200	0,71	
	200-500	0,62	
Дуже сильна	500-1000	0,46	
	Понад 1000	0,30	
III. Закарстованість			
Кількість воронок на 1 га		Коефіцієнти поправок	
До 10		1,00	
11-20		0,90	
21-30		0,80	
31-50		0,60	
51-70		0,40	
71-90		0,20	
понад 90		0,10	
IV. Наявність чагарників на поверхні ділянки			
% від площі		Коефіцієнти поправок	
1-5		0,90	
5-10		0,80	
10-15		0,70	
Понад 15		0,60	

Таблиця 4.15. Коефіцієнти поправок на неоднорідність ґрунтового покриття

Характеристика ґрунтового покриття в межах земельних ділянок	Коефіцієнти поправок
Однорідний з точки зору обробітки і придатності для вирощування основних культур	1,00
Однорідний за гідроморфізмом, але неоднорідний за гранулометричним складом і глибиною горизонтів Н чи НЕ, мікрорельєф нерівний	0,95
Чергуються автоморфні, глеюваті і глейові або рівні за контрастністю інші ґрунти	0,90
Чергуються автоморфні, напівгідроморфні і гідроморфні ґрунти або автоморфні та напівгідроморфні на замкнутих улоговинах, малоприсадатних для осушення	0,85

Таблиця 4.16. Вплив місцезнаходження господарства на кількісну оцінку якості земельної ділянки

Відстань від пунктів реалізації продукції і придбання ресурсів, км	Оцінка у балах
До 10	-
11-20	1
21-30	2
31-40	3
41-50	4
понад 50	5

де $B_{сз}$ – середньозважений бал з типових діагностичних ознак; $B_{то1}, B_{то2}, \dots, B_{то5}$ – бали типових критеріїв (гумус, ДАВ, азот, фосфор, калій); $Ц_1, Ц_2, \dots, Ц_5$ – ціна балу критерію, яка є часткою від ділення еталонного показника на 100; $\Sigma Ц$ – сума цін балів усіх критеріїв.

Для оцінки негативних властивостей ґрунтів узагальнюються матеріали за ступенем солонцюватості (вміст обмінного натрію у відсотках від місткості катіонного обміну, глибина залягання солонцевого горизонту); ступенем засолення (склад, вміст і глибина залягання легкорозчинних солей); гідролітичною кислотністю, ступенем оглеєння (глеюваті, глейові, сильно глейові, поверхнево оглеєні) та щільністю ґрунтів (табл. 4.11, 4.12, 4.13).

На наступному етапі враховуються поправки на зрошення (табл. 4.6). Тобто, у розрахований за типовими критеріями зважений середній бал з типових діагностичних ознак (4.27) вводяться поправки на негативні властивості ґрунтів, які обмежують урожайність сільськогосподарських

Таблиця 4.17. Класифікація земель за придатністю для вирощування сільськогосподарських культур

Група земель	Агрономічна характеристика груп земель	Клас і бал бонітету земель
Дуже високої якості (найкращі землі)	Землі високої продуктивності. Включають у себе ґрунти з високою потенціальною родючістю, оптимальною реакцією ґрунтового розчину, поживним, водно-повітряним і тепловим режимами. Придатні для механізованого обробітку. Забезпечують високі й сталі врожаї районованих сільськогосподарських культур. Близькі до першої групи, проте мають дещо нижчу продуктивність. Добре забезпечені елементами живлення. Мають сприятливі фізико-хімічні та агрофізичні властивості. Дещо знижують якість земель, слабо виражені негативні властивості ґрунтів. Займають рівнини і слабо-похилі схили. Придатні для механізованого обробітку.	I >91 II 90-81
Високої якості (добрі землі)	Середня забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Знижують якість земель більш виражені негативні властивості ґрунтів (слабкий і середній ступінь кислотності, солонцюватості тощо) і технологічні властивості земельних ділянок (розчленованість мережею балок, еродованість тощо).	III 80-71 IV 70-61
Середньої якості (задовільні землі)	Низька забезпеченість елементами живлення, незадовільні реакція ґрунтового розчину, водно-повітряний і тепловий режими. Знижують якість середньо- і сильновирражені негативні властивості ґрунтів, технологічні особливості земельних ділянок (схильність до ерозії, заболоченість, дрібноконтурність, комплексність ґрунтового покриву тощо). Придатні під певні культури. Потребують систематичного застосування підвищених доз добрив, меліоративних і протиерозійних заходів тощо.	V 60-51 VI 50-41
Низької якості	Низькопродуктивні угіддя. Включають малородючі ґрунти з дуже низькою забезпеченістю елементами живлення, незадовільним водно-повітряним і тепловим режимами, різко вираженими негативними властивостями, дуже схильні до ерозії. Займають круті схили, глибокі пониження тощо. Малоприсадибні для механізованого обробітку. Задовільні врожаї можливі при внесенні високих доз добрив. Потребують меліоративних, ґрунтозахисних та інших заходів.	VII 40-31 VIII 30-21
Дуже низької якості	Неприсадибні для землеробства без проведення складних, дорогих за вартістю заходів з їх окультурення.	IX 20-11
Незручні землі		X <10

культур та на зрошення ($k_1, k_2, \dots k_n$). Отриманий показник (B_r) є параметром,

який найбільш повно характеризує родючість певних ґрунтів:

$$B_r = B_{сз} \cdot k_1 \cdot k_2 \times \dots \cdot k_n \quad (4.28)$$

Якщо оцінюються родючість ґрунтів конкретного поля, в якому знаходиться кілька ґрунтових агровиробничих груп, то розраховується середньо зважений бонітет ґрунту всієї ділянки ($B_{сзг}$):

$$B_{сзг} = \frac{B_{г1} \cdot S_1 + B_{г2} \cdot S_2 + \dots + B_{гn} \cdot S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (4.29)$$

де $B_{г1}, B_{г2}, \dots, B_{гn}$ – бонітет ґрунту окремих ґрунтових агровиробничих груп, $S_1, S_2, \dots, S_n$ – площі цих ґрунтових агровиробничих груп.

Далі, згідно з методикою Сірого, реалізується перехід від бонітування ґрунтів до оцінки всього комплексу умов, що визначають ефективність використання земель. А саме, вводяться поправки через відповідні коефіцієнти на клімат (табл. 4.6), контурність, завалуненість, наявність чагарників, закарстованість (табл. 4.14) та на неоднорідність ґрунтового покриття (табл. 4.15).

Останньою процедурою розрахунків є врахування фактору місцеположення (табл. 4.16) поля, внаслідок чого отримують кінцевий бал бонітету конкретної земельної ділянки:

$$B_{зд} = (B_{сзг} \cdot z_1 \cdot z_2 \times \dots \cdot z_n) - B_m, \quad (4.30)$$

де $B_{зд}$ – бал бонітету певної земельної ділянки, $z_1, z_2, \dots, z_n$ – поправкові коефіцієнти на клімат, контурність, завалуненість, наявність чагарників, закарстованість на неоднорідність ґрунтового покриття, B_m – бал, який враховує фактор місцеположення.

На основі балу бонітету земельної ділянки встановлюють групу і клас придатності земель згідно з їх класифікацією (табл. 4.17).

Шкала якісної оцінки земель охоплює всі чинники, які визначають якість земель (ґрунтово-кліматичні, фізико-географічні і технологічні), містить об'єктивну і повну їх характеристику, одночасно вона відносно проста, загальнодоступна і зручна в практичному використанні. Встановлення груп і класів земель має важливе виробниче значення, бо вони

Таблиця 4.18. Фізичні та хімічні властивості чорноземів південних фермерського господарства «Новоодеське» Миколаївської області

№ №	Назва ґрунту	Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %	Щільність, г/см ³	Вміст поживних речовин, мг/на 1 кг ґрунту			НВ, %	ВЗ, %	рН
					N	P (за Мачигінім)	K (за Мачигінім)			
1.	Чорноземи південні слабозмиті	0-20	3,9	1,25	20	25	350	25	13	7,0
		20-40	3,2	1,30				22	12	
		40-60	1,8	1,35				20	13	
		60-80	0,8	1,40				19	12	
		80-100	0,6	1,50				19	11	
2.	Чорноземи південні середньозмиті	0-20	3,0	1,20	15	20	300	28	12	7,0
		20-40	2,1	1,23				20	12	
		40-60	1,5	1,30				20	13	
		60-80	0,5	1,45				17	11	
		80-100	0,2	1,50				17	10	
3.	Чорноземи південні слабо солонцюваті	0-20	4,1	1,22	50	65	250	27	16	7,5
		20-40	3,3	1,32				26	15	
		40-60	1,7	1,38				22	13	
		60-80	0,9	1,42				17	11	
		80-100	0,8	1,55				19	11	

не тільки беруть до уваги строкатість ґрунтового покриття на плані ґрунтів, але й наочно зображають відмінність у продуктивності земель елементарних господарських ґрунтових контурів.

Приклад розрахунку бонітету ґрунтів та земель за методикою Сірого

Розрахувати бали бонітетів ґрунтів і земель фермерського господарства «Новоодеське» в Миколаївській області з чорноземами південними, наявні слабкоеродовані ґрунти (шифр групи 74) площею в 120 га, середньо еродовані (шифр групи 75) площею 60 га, слабкосолонцеваті нееродовані ґрунти (шифр групи 71) площею 250 га. Землі не зрошувані, однорідний ґрунтовий покрив засолення, завалуненості, закарстованості нема, контурність, гідроморфність відсутні, відстань від пунктів реалізації

продукції і придбання ресурсів – 12 км). Фізичні та хімічні властивості наведені в таблиці 4.18.

Згідно (4.21) та (4.22), запаси гумусу для слабкоеродованих чорноземів повинні дорівнювати – 266,1 т/га (), для середньо еродованих південних чорноземів – 209,1 т/га (), для слабко солонцюватих чорноземів південних не еродованих – 284,4 т/га (). Згідно (4.25), ДАВ буде дорівнювати: для слабкоеродованих відмін 118,5 мм, (– – –) для середньоеродованих 114,7 мм, (– – –) для слабкосолонцюватих нееродованих 122,6 мм. (– – – – –)

Далі розраховуємо окремі бали за формулою (4.26) по кожному з основних показників родючості (запаси гумусу, ДАВ, вміст азоту, фосфору та калію): для слабкоеродованих відмін $B_{\Gamma} /$; $B_{\text{ДАВ}} /$; $B_A /$; $B_{\Phi} /$; $B_K /$; для середньоеродованих – $B_{\Gamma} /$; $B_{\text{ДАВ}} /$; $B_A /$; $B_{\Phi} /$; $B_K /$; для слабкосолонцюватих нееродованих $B_{\Gamma} /$; $B_{\text{ДАВ}} /$; $B_A /$; $B_{\Phi} /$; $B_K /$.

Середньо зважений бонітет ґрунтів згідно (4.27) матиме величину: 1) для слабкоеродованих чорноземів:

$$B_{\text{чпсз}} = \frac{(\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---})}{\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}}$$

2) для середньородованих чорноземів:

$$B_{\text{чпсрз}} = \frac{(\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---})}{\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}}$$

3) для слабкосолонцюватих не еродованих чорноземів:

$$B_{\text{чпснз}} = \frac{(\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---})}{\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}}$$

Наступним кроком є врахування негативних властивостей ґрунтів. Згідно з вихідними даними спостерігається лише слабка солонцюватість в третього ґрунту з бонітетом 58,2. Згідно даних таблиці 4.11, поправковий коефіцієнт для степових ґрунтів на слабку солонцюватість дорівнює 0,88. А, отже, значення бонітету для слабкосолонцюватих не еродованих південних чорноземів буде дорівнювати 51,2 ($0,88 \times 58,2$).

Середньозважене за площами значення бонітету ґрунтів по всій ділянці складе (4.29):

$$B = \text{---} \text{---}$$

Далі переходимо до оцінки всього комплексу умов, що визначають ефективність використання земель. Через те, що на землях фермерського господарства відсутня контурність, завалуненість, чагарники, закарстованість та неоднорідність ґрунтового покриву, то оцінюється лише фактор клімату (табл. 4.6). Враховуючи, що фактор клімату для умов Миколаївської області

дорівнює 0,83, то бонітет ділянки буде складати 45,3 одиниці ($54,5 \times 0,85$). Останнім параметром, що треба врахувати при оцінці цих земель є відстань до пунктів реалізації продукції і придбання ресурсів, яка дорівнює 12 км. За даними таблиці така відстань зменшує значення бонітету на 1 одиницю, а отже бонітет земель фермерського господарства «Новоодеське» в Миколаївській області дорівнює 44,3 одиниці.

За даними таблиці 4.17, це землі VI класу, землі середньої якості (задовільні землі), які мають середню забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Знижують якість цих земель яскраво виражені негативні властивості ґрунтів, зокрема солонцюватість та еродованість.

Бонітування за методикою Медведєва-Пліско

Найсучаснішою методикою бонітування ґрунтів є технологія, яка була розроблена в ННЦ «Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» (Медведєв, Пліско, 2006). Автори констатують, що є недоліки в чинних в Україні та закордоном підходах. Зокрема вони вважають, що:

- у багатьох методиках малий вибір основних бонітувальних критеріїв. З їхньою допомогою характеризується, як правило, лише потенційна родючість ґрунтів;
- фактичне ігнорування таких найважливіших чинників урожайності як волога, тепло й запаси доступних поживних речовин, а тому розрахунок часткових бонітетів в окремих природно-сільськогосподарських районах не виправляє цього недоліку, звужує значення балів бонітету, унеможливорює їхнє порівняння між районами й утруднює використання в економічній і грошовій оцінці;
- штучний характер більшості поправкових коефіцієнтів, установлених не на основі експериментальних досліджень у регіонах, а на ненадійних виробничих даних щодо урожайностей сільськогосподарських культур;
- відсутність сучасних математичних процедур та некоректні спроби

описати складну систему «грунт-урожай» за допомогою парного кореляційного аналізу, можливості якого обмежені;

- відсутність перевірки методики у виробничих умовах.

Виходячи з цих недоліків автори (Медведев, Плиско, 2006) вважають, що, бонітування ґрунтів повинно будуватися із залученням широкого спектра основних показників, які характеризують потенційну та ефективну родючість, а саме: гранулометричний склад і вміст гумусу, потужність та щільність будови кореневмісного шару, а також показників, які характеризують водно-тепловий і поживний режими в критичні періоди росту, розвитку сільськогосподарських рослин і визначають обсяги їх урожайності. За такого широкого набору показників, усувається, як вважають автори, необхідність використання додаткових регіональних показників, параметри яких у попередніх методиках фактично або не враховували, або заміняли поправковими коефіцієнтами. Ці коефіцієнти без прив'язки до конкретного поля, його ухилу, конфігурації, строкатості ґрунтового покриття та багатьох інших характеристик втрачають свій зміст і знецінюються. Саме з цієї причини автори вважають, що бонітування ґрунтів повинно оцінювати єдину нерозривну систему «грунт-клімат-поле». Тільки в цьому випадку, на думку авторів, можуть бути досягнуті найбільш об'єктивні бонітувальні оцінки. А саме тому методика Медведева та Плиско *оцінює не скільки ґрунт на ділянці, стільки саму земельну ділянку з певним ґрунтом та кліматом.*

В методиці використовуються низка ґрунтових критеріїв, а саме – глибина кореневмісного шару, вміст гумусу, вміст фізичної глини, щільність, реакція ґрунтового розчину, глибина глеєвого горизонту, вміст рухомого фосфору, вміст рухомого калію, питомий опір ґрунту при оранці. Кліматичні критерії наступні: запас продуктивної вологи в шарі 0-20 см під час сходів ранніх ярих культур, запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см під час цвітіння і формування генеративних органів ярих зернових культур, температура повітря під час сходів ранніх ярих культур, температура повітря під час формування генеративних органів, сума активних температур більше

10 градусів для культур короткого вегетаційного періоду, сума активних температур більше 10 градусів для культур довгого вегетаційного періоду, гідротермічний коефіцієнт за період з температурою повітря більше 10 градусів. Ці параметри є «основними» і використовуються для бонітування «контуру» дигіталізованої ґрунтової карти 1:2500000, що є просторовою одиницею оцінки родючості, а потім з використанням показників «поле» визначається кінцевий бонітувальний бал будь-якої конкретної земельної ділянки. У розрахунок беруться параметри конкретного поля такі: робочий ухил, експозиція схилу, конфігурація схилу, строкатість ділянки, глибина та мінералізація ґрунтових вод, наявність на поверхні поля та в орному шарі каменів, наявність перепон, висота над рівнем моря, середня багаторічна вологість ґрунтів в ґрунтовому шарі під час основного обробітку ґрунту (тільки для Сухого Степу) (Медведев, Плиско, 2006).

Авторами були визначені загальні та окремі (для різних сільськогосподарських культур) еталонні критерії параметрів якості ґрунтів та кліматичних показників, відносно яких і ведеться розрахунок. Окремі за кожним ґрунтовим та кліматичним показником визначення об'єднуються в комплексний ґрунтово-кліматичний показник, який розраховується як середньозважена величина. Цей інтегральний бонітувальний параметр отримується при таких вагових коефіцієнтах: 2,0 для показника «запас продуктивної вологи в шарі 0-20 см під час сходів ранніх ярих культур» та «запас продуктивної вологи в шарі 0-100 см під час цвітіння і формування генеративних органів ярих зернових культур», 1,5 – для показників «щільність», «реакція ґрунтового розчину», «глибина глеєвого горизонту», «вміст рухомого фосфору», «вміст рухомого калію», «питомий опір ґрунту при оранці», «глибина глеєвого горизонту», «температура повітря під час сходів ранніх ярих культур», «температура повітря під час формування генеративних органів» «сума активних температур більше 10 градусів для культур короткого вегетаційного періоду», «сума активних температур більше 10 градусів для культур довгого вегетаційного періоду»,

«гідротермічний коефіцієнт за період з температурою повітря більше 10 градусів» та 1,0 для параметрів «глибина кореневмісного шару», «вміст гумусу», «вміст фізичної глини». У випадку якщо поле має складну конфігурацію й велику строкатість, що значно відрізняє його від типових, і деякі специфічні (і не дуже розповсюджені) властивості, не враховані за допомогою основних показників (такими властивостями можуть бути засоленість, наявність кірки, забруднення, кам'янистість і деякі інші), допускається використання поправкових коефіцієнтів.

Окрім загальних бонітетів земель, методика Медведєва-Пліско виконує й окрему процедуру бонітування для умов вирощування певних сільськогосподарських культур. Розроблені еталонні значення для оцінок впливу параметрів ґрунту та клімату на урожайність озимої пшениці, озимого жита, вівса, ярого ячменю, кукурудзи на зерно, цукрового буряку, соняшника, картоплі та льону.

Бонітування за методикою Інституту землеустрою

Чинне зараз бонітування, яке використовується при нормативній оцінці українських земель, запропоноване на початку 90-х років Інститутом землеустрою (Новаковський і ін., 1992). Як основні критерії бонітування використовувалися вміст гумусу, вміст фізичної глини, величина рН, потужність гумусованих і глеєвих горизонтів. Отже, методика базується на тих властивостях ґрунтів, які можуть характеризувати лише їхню потенційну родючість. Автори методики стверджували, що саме ці показники вирішально впливають на врожай сільськогосподарських культур. Хоч очевидно, що фактично ці критерії були обрані експертним шляхом і не спиралися на надійні польові дослідження щодо впливу властивостей ґрунтів на продуктивність агроландшафтів.

Для того, щоб усунути вплив клімату на бонітети ґрунту, всю територію України було поділено на 198 природно-сільськогосподарських районів з приблизно однаковими гідротермічними умовами. Такий підхід

змусив роботи з бонітування вести за природно-сільськогосподарськими районами, у кожному з яких шукати та знаходити еталонний ґрунт та мати 198 шкал бонітетів. А якщо врахувати кількість культур, стосовно яких розраховано окремі бонітети, то шкал в цій методиці існує набагато більше.

Надалі були зроблені спроби модифікувати методику за врахуванням властивостей, які мають регіональний характер. А саме вводяться поправкові коефіцієнти для еродованих, оглеєних, кислих і інших ґрунтів з агрономічними вадами.

5. ОЦІНКА ЯКОСТІ ҐРУНТУ В ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ

5.1. Визначення якості ґрунту у США

Показники (індикатори) якості ґрунту та його функції

На думку американських вчених (Pierce, Larson, 1993; Allan et al, 1995; Doran, Parkin, 1996; Andrews et al, 2002) якість ґрунту (або «здоров'я ґрунту» - «health of the soil») є відбитком його *стабільних властивостей*, утворених в процесі ґрунтоутворення та *динамічних властивостей*, які виникають в процесі його експлуатації. Перші властивості ґрунту дуже мало змінюються або взагалі не змінюються в часі та при використанні ґрунтового покриву, зокрема, в землеробстві. Ці властивості ґрунту створюються протягом тисячоліть і, в основному, залежать від ґрунотворних чинників: клімату, рельєфу, материнської породи, біоти та часу. Прикладами стабільних властивостей є гранулометричний склад ґрунту, потужність певних ґрунтових горизонтів, діапазон активної вологи, що може утримувати ґрунт тощо.

На відміну від стабільних властивостей динамічні властивості змінюються протягом відносно короткого часу. На них впливають різні управлінські процедури (обробіток ґрунту, удобрення, меліорація тощо) в процесі різноманітних форм використання ґрунтів. До динамічних властивостей слід віднести вміст органічної речовини та поживних макро- і мікроелементів, біологічну активність, стабільність макроагрегатів, показники інфільтрації, реакцію ґрунтового розчину тощо.

Американські вчені (Doran, Parkin, 1996) також констатують, що вимірювання якості ґрунтів, це, по-перше, визначення точного і повного переліку *показників (індикаторів)*, від якої залежить якість, по-друге, такі показники повинні реагувати на різні процедури управління ґрунтом, зокрема, на меліоративні та агрономічні. Вважається, що «здоров'я ґрунту» можна оцінити по відношенню кожного показника до стандартної

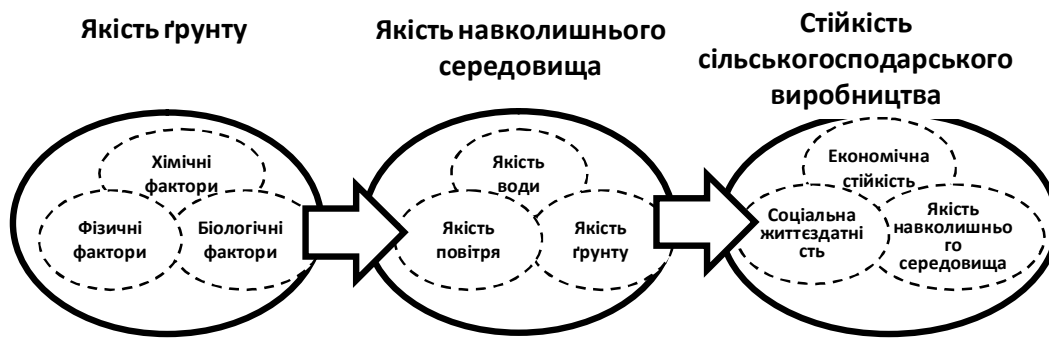


Рисунок 5.1. Зв'язок між якістю ґрунту та стійкість сільськогосподарського виробництва (Andrews et al, 2002).

або еталонної умови, яка віддзеркалює «повну» або бажану якість ґрунту в процесі використання. Водночас підкреслюється, що еталонні умови можуть мати різні значення залежно від типу угідь. Для орних земель, наприклад, еталонні параметри можуть відрізнятися від еталонів, які існують для пасовищ. Більш того, еталонні значення індикаторів ґрунтової якості, як бажаних параметрів, повинні віддзеркалювати не тільки тип угідь, а і враховувати особливості вирощування певних сільськогосподарських культур. Очевидно, наприклад, що найкращі хімічні та агрохімічні властивості ґрунту будуть різними для різних сільськогосподарських культур, тому що різним рослинам потрібна різна кількість та асортимент поживних речовин.

Спеціалістами США також визначається, що такі індикатори можуть бути не тільки кількісними показниками, але й якісними. Ці показники також повинні досить добре співвідноситися з зовнішніми, відносно агроландшафтів, екосистемними процесами та реагувати і на сучасні зміни клімату. Підкреслюється, що індикатори «здоров'я ґрунту» повинні бути обов'язковими компонентами чинних у США баз даних, які описують стан агроландшафтів певної території.

Якість ґрунту, згідно існуючих підходів в американському ґрунтознавстві, впливає на якість навколишнього середовища, зокрема, визначає якість повітря та води. Наприклад, стан гідрографічної мережі, хімічний стан води в річках та озерах, визначається інтенсивністю процесів

водної ерозії. А якісне довкілля, на думку американських авторів, має позитивні економічні та соціальні наслідки, які, в свою чергу, стимулюють розвиток агровиробництва. В цьому сенсі показники якості ґрунту впливають на агровиробництво не тільки через непересічну роль ґрунту як засобу виробництва, а і як ключового чинника, який визначає загальний екологічний стан певної території, що має вагомі наслідки для аграрної галузі економіки (рис. 5.1).

В США виділяються три основні категорії показників якості ґрунту: *хімічні, фізичні та біологічні*. Але американські вчені, в той же час, вважають таке групування досить умовним і наполягають на інтегративному аналізі даних вимірювань якості ґрунту. Вище (розділ 1) згадувалось про функції ґрунтів, а тому низка американських авторів вказують, що вимірювання якості ґрунтів через дуже конкретні індикатори не завжди якісно описують всі функції ґрунтів. Як правило, використовуються індикатори, які більш-менш повно описуються лише виробничу функцію (виробництво харчових продуктів, фуражу, сировини для промисловості, палива тощо), тоді, як з описом інших функцій ґрунту, ситуація складніша. Побудова так званих «матриць індикаторів» показує саме на не повноту опису кожним показником певної ґрунтової функції. А в деяких випадках взагалі немає зв'язку між величинами індикаторів та деякими функціями ґрунтів (табл. 5.1).

Фізичні показники

Згідно з американськими джерелами (Doran, Parkin, 1996) до фізичних показників родючості відноситься інформація, яка стосується аерації та гідрологічного статусу ґрунту, наприклад, процедури надходження води в ґрунт, її вміст в певний час та утримання води в кореневій зоні. Опосередковано фізичні властивості ґрунту впливають на наявність поживних речовин та ріст рослин. Фізичні властивості також надають

Таблиця 5.1. «Матриця індикаторів» - ступінь висвітлення різних функцій ґрунту індикаторами якості ґрунтів (за шестибальною шкалою).

Індикатори якості ґрунтів	Функції ґрунту				
	Збереження біологічного різноманіття, діяльності живих організмів та продуктивності	Регулювання поверхневого стоку води та розчинів	Забезпечення фільтрації, трансформації та детоксикація органічних та неорганічних речовин	Забезпечення функціонування природних циклів поживних речовин та вуглецю	Забезпечення середовища для функціонування кореневих систем рослин та різних конструкцій антропогенного походження
Вміст стабільних агрегатів	4	4	0	4	5
Величина діапазону активної вологи	6	5	0	4	0
Щільність ґрунту	5	6	0	2	6
Чисельність дощових хробаків	6	0	6	6	6
Швидкість інфільтрації	0	4	2	0	0
Вміст лабільної органічної речовини	6	6	6	6	6
Вміст органічного азоту	6	0	0	6	0
Вміст «реактивного» вуглецю»	4	2	6	4	4
Водотривкість агрегатів	2	5	0	0	0
Наявність ґрунтової кірки	0	5	0	0	0
Параметри електричної провідності ґрунту	0	6	0	0	0
Ферментативна активність ґрунту	6	0	0	6	0
Вміст ґрунтових нітратів	2	2	0	0	0
pH ґрунтового розчину	4	6	6	6	0
Показники дихання ґрунту	6	0	2	6	4
Параметри ґрунтової структури та шпаруватості	3	3	2	2	4
Вміст загального органічного вуглецю	6	6	6	6	6

інформацію, пов'язану зі здатністю ґрунту протистояти екстремальним

зовнішнім фізичним силам, зокрема, розбризкуванню ґрунту краплями дощу та руйнації агрегатів водними потоками, що сприяє руйнації агрегатів та ерозії ґрунту.

До фізичних показників, які часто використовуються для оцінки якості ґрунту у США, американські фахівці включають (Doran, Parkin, 1996):

- вміст стабільних агрегатів;
- діапазон активної вологи;
- щільність ґрунту;
- параметри інфільтрації води в ґрунт;
- водотривкість ґрунтових агрегатів;
- параметри ґрунтової кірки;
- загальні показники структури та мікроструктури ґрунту.

Як видно з переліку, фізичні критерії якості ґрунтів мало відрізняються від тих, що декларуються у вітчизняній літературі. Водночас, є певні особливості у трактуванні деяких ґрунтових процесів, що визначають величини фізичних показників якості ґрунту.

Що стосується *параметрів структури та мікроструктури* (Soil Structure & Macropores), то американські автори (Schoeneberger et al, 2002; Soil structure..., 2002) визначають, що агрегація частинок ґрунту відбувається за рахунок глинистих часток. Поверхня частинки глини має негативний заряд, а тому адсорбує катіони, присутні в ґрунті такі як Ca^{2+} та Al^{3+} . Ці катіони, а також гумус зв'язують глинисті частки з утворенням невеликих але стабільних ґрунтових агрегатів. Натомість іони натрію (Na^+) викликають диспергацію ґрунту. Через їх відносно слабкий заряд і великі розміри, іони натрію неефективні для склеювання глинистих часток та утворенню мікроагрегатів. Циклічні процеси висихання та зволоження, а також заморожування та танення поверхні ґрунту частково руйнують макро- та мікроагрегати.

Хоча фізико-хімічні та фізичні фактори відіграють вирішальну роль у формуванні малих агрегатів у глинистих ґрунтах, в той же час, біологічні

процеси є важливим фактором для розвитку великих агрегатів, зокрема, вони є основним фактором агрегації у піщаних ґрунтах. Важливі біологічні процеси, що визначають розмір та міцність агрегатів включають в себе діяльність дощових черв'яків, грибів та бактерій, які виробляють і виділяють у ґрунт органічні клеї та цемента. Сприяють агрегації кореневі системи рослин, рослинні рештки, які в процесі відмирання та розкладання виділяються органічні речовини, що склеюють мікроагрегати. Дія органічних клейів як правило довготермінова, вони забезпечують довготривалу (до декількох років) стійкість агрегатів.

Саме той факт, що органічна речовина є основним чинником формування макроагрегатів, показує на можливість антропогенного управління цим процесом. Різні технологічні прийоми можуть мати сприятливий і несприятливий вплив на процедуру агрегації ґрунту. Так довготривалий обробіток ґрунту пришвидшує розкладання органічних речовин, запобігає їх накопиченню, а тому зменшує агрегаційний ефект. Важливими функціями систем землеробства, пов'язаними з утворенням гарної структури ґрунту, є підтримка високої біологічної продуктивності ґрунту за рахунок добрив та поживних залишків, регулювання водного поверхневого потоку, кругообігу та зберігання поживних речовин (Schoeneberger et al, 2002; Soil structure..., 2002).

Вміст стабільних агрегатів (Aggregate Stability) – це показник здатності ґрунтових агрегатів протистояти зовнішнім руйнівним силам, зокрема, водним та вітровим потокам. Існують також оцінки вмісту стабільних агрегатів. Згідно з оцінками (Kinyangi, 2007) уміст водостабільних агрегатів в 50-60 % вказує на те, що ґрунт має дуже низьку протиерозійну стійкість, 60-80 % – середню, а більш, ніж 80 % – на високу здатність ґрунту протистояти руйнівній дії водних потоків.

Щільність ґрунту (Bulk Density) є функцією від гранулометричного складу, щільності мінералів, які складають тверду фазу ґрунту та вмісту органічної речовини. Як правило, більшість гірських порід мають щільність

Таблиця 5.2. Зв'язок між щільністю ґрунту та умовами для розвитку кореневих систем залежно від гранулометричного складу*.

Гранулометричний склад	Найкраща щільність для росту та розвитку рослини, г/см ³	Верхня межа, до якої спостерігається вплив щільності на розвиток кореневої системи рослини, г/см ³	Верхня межа щільності, після якої погіршується розвиток кореневої системи рослини, г/см ³
Пісок, глинистий пісок	<1,60	1,69	>1,80
Глинистий пісок, суглинок	<1,40	1,63	>1,80
Піщано-глинистий суглинок, глинистий суглинок	<1,40	1,60	>1,75
Мул та мулистий суглинок	<1,40	1,60	>1,75
Мулистий суглинок, мулистий глинистий суглинок	<1,40	1,55	>1,65
Піщана глина, пухка глина, глинистий суглинок	<1,10	1,49	>1,58
Глина(>45% глинистих часток)	<1,10	1,39	>1,47

*Не застосовується до червоно-глинистих ґрунтів і вулканічних попільних ґрунтів

2,65 г/см³, а тому в ідеалі ґрунт середнього гранулометричного складу з пористістю у 50 % буде мати щільність 1,33 г/см³. Взагалі пухкий, пористий ґрунт, який містить багато органічної речовини, має невеликі значення щільності. Щільність зазвичай збільшується з глибиною, оскільки у підповерхневих шарах зменшується вміст органічної речовини. Цикли «зволоження – висушування» ґрунту та «замороження – танення», що відбуваються в ґрунтах, зазвичай дуже мало впливають на зміну щільності ґрунту. На щільність, особливо верхнього шару ґрунту, сильно впливають антропогенні фактори – обробіток, важка сільськогосподарська техніка, органічні добрива.

Що стосується кількісних критеріїв, то відомі оцінки щільності ґрунту, які пропонує Служба охорони природних ресурсів Міністерства сільського господарства США (табл. 5.2). Як видно з таблиці, оптимальна щільність ґрунту визначається як функція стану кореневої системи та умов розвитку

рослини в залежності від гранулометричного складу ґрунту (Arshad et al., 1996).

Діапазон активної вологи (Available Water Capacity) – це максимальна кількість доступної вологи для рослини, яку може забезпечити ґрунт. Діапазон активної вологи (ДАВ) – це волога, яка міститься у ґрунті в діапазоні між повною вологоємністю ґрунту (field capacity) та вологістю в'янення (permanent wilting point). ДАВ, в першу чергу, є функцією від гранулометричного складу ґрунту. Піщані ґрунти мають невисоку ДАВ, оскільки легко дренуються. Суглинкові ґрунти мають більшу кількість невеликих пори, що утримують воду від вільного дренажу, що призводить до порівняно високих значень ДАВ. Загальна глибина кореневмісного шару та наявність шарів ґрунту, які є непридатними для знаходження там кореневих систем, теж впливають на загальну наявну ємність вологи.

Органічна речовина ґрунту підвищує здатність ґрунту зберігати воду як безпосередньо, так і опосередковано через кращу структуру ґрунту та більшу стабільність агрегатів, що призводить до збільшення розмірів і об'єму шпарин. Таке поліпшення якості ґрунту призводить до зростання ДАВ (U.S. Department of Agriculture..., 2005).

На думку американських авторів одним з важливих критеріїв якості ґрунтів є здатність ґрунту утворювати кірку. *Ґрунтова кірка* утворюється після висихання ґрунту після дощу або поливу, коли дрібні часточки ґрунту закупорюють поверхню, контакт ґрунтового повітря з атмосферою припиняється, що негативно впливає на кореневі системи рослин та мікробіологічну діяльність. На поверхні ґрунтової кірки швидко формуються калюжі, поверхневий стік і посилюється водна ерозія.

Окрім суто фізичних причин утворення ґрунтової кірки, можуть бути і фізико-хімічні причини, зокрема при зрошенні, високий вміст катіонів натрію в поливній воді. Натрій викликає диспергацію структури ґрунту та утворення кірок. Особливо небезпечне утворення кірки на перших етапах

вегетації рослин, коли треба отримати потужні сходи сільськогосподарських культур (Soil Survey..., 1993).

Хімічні показники

До хімічних показників якості ґрунтів, згідно з американськими джерелами, включають наступні показники:

- електропровідність (як показник вмісту водорозчинних солей, в деяких джерелах цей індикатор якості розглядається як фізичний показник);
- вміст органічної речовини (загальний вміст та вміст окремих фракцій);
- вміст ґрунтових макро- (азоту, фосфору, калію) мікроелементів живлення;
- рН ґрунтового розчину;
- вміст потенційних речовин-забрудників (важкі метали, радіоактивні сполуки тощо);
- ємність поглинання ґрунту.

З приведеного вище переліку звертає на себе увагу новий, у порівнянні з переліком в 2.3, показник *електропровідності*. Електропровідність ґрунту (Electrical conductivity - EC), згідно американських джерел є показником умісту кількості солей у ґрунті. Зв'язок між ступеню засоленості ґрунтів та EC приведений в таблиці 5.3 (U.S. Department of Agriculture..., 2005). Електропровідність опосередковано відображає вплив вмісту водорозчинних солей на врожайність сільськогосподарських культур, придатність ґрунту для вирощування певних культур; уміст доступних для рослин елементів живлення, мікробіологічну активність ґрунту тощо. Останнє, в свою чергу, впливає на ключові ґрунтові процеси, зокрема викиди парникових газів, включаючи оксиди азоту, метан та діоксид вуглецю. Вміст водорозчинних солей може змінюватися в результаті обробітку ґрунту, зрошення та внесення

Таблиця 5.3. Залежність між ступенем засоленості ґрунтів та їх електропровідністю

Клас засоленості	Електропровідність, дсм/м*
Не засолені	0 – 2
Дуже слабозасолені	2 – 4
Слабозасолені	4 – 8
Середньозасолені	8 – 16
Сильнозасолені	Більше 16

*дсм/м – децисіменси на м

добрив. Як правило, ґрунти, які містять надмірну кількість воднорозчинних солей зустрічаються в природних умовах у засушливому та напівпустельному кліматі.

Окрім усього, визначення ЕС також може бути ефективним способом оцінки гранулометричного складу ґрунту. Як доведено дослідженнями вчених США, при інших однакових умовах, чим більша електропровідність тим «важче» його гранулометричний склад.

Особливо багато уваги з усіх хімічних показників якості ґрунтів в американській літературі надається *органічній речовині ґрунту (ОРГ)*. Органічна речовина ґрунту включає широкий спектр живих і неживих компонентів і вважається важливим атрибутом якості ґрунту через багато функцій, які ОРГ або надає, або підтримує. Зокрема, ОРГ є основним джерелом азоту та вуглецю, забезпечує стійкість агрегатів, оптимальну щільність ґрунту, мікробіологічну діяльність тощо. Вчені США підкреслюють, що оскільки ОРГ керує більшістю функцій ґрунту, її зменшення може призвести не тільки до зниження родючості та біорізноманіття, але й опосередковано до втрати структури ґрунту, внаслідок чого буде знижена його водоемність, погіршиться аерація, зростає ризик ерозії та збільшується щільність. Технології землекористування та практика управління, яка призводить до накопичення ОРГ, допомагає у збільшенні поглинання CO₂ з атмосфери, тим самим пом'якшуючи можливе глобальне потепління клімату. Підвищуючи здатність ґрунту до накопичування вологи, як вважають американські вчені, ОРГ може відігравати важливу роль у

ліквідації наслідків впливу на довкілля випадання надмірних опадів, які є наслідком зміни клімату. Виходячи з цього, показники ОРГ часто використовуються американськими вченими у довгострокових ґрунтових експериментальних оцінках наслідків зміни клімату (Richter et al, 2007; Rinnan et al, 2007).

Важливим індикатором якості ґрунту, на думку американських вчених, є не тільки вміст загальної органічної речовини, а й вміст її лабільної складової (так званий «лабільний» гумус). Саме ця фракція органічної речовини, з одного боку, легко модифікується антропогенною діяльністю, що може служити індикатором якості менеджменту агротехнологій, а, з іншого боку, чутливо реагує на зміну клімату. Відомо, наприклад, що вміст лабільного гумусу зменшується при підвищенні температури повітря і ґрунту (Stiles et al, 2011; Lucas et al, 2012).

Ступінь *лужності* або *кислотності* ґрунтового розчину (або рН ґрунтового розчину), на думку американських вчених, є важливим хімічним критерієм якості ґрунтів і може визначатися або «спадковими» факторами, пов'язаними з чинниками ґрунтоутворення, або бути результатом антропогенної діяльності – поливами мінералізованими водами, внесенням добрив різного ґатунку тощо. рН ґрунту впливає на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунтів, а також на процеси росту і розвитку рослин. Зокрема, рН ґрунтового розчину впливає на розчинність та рухомість металів, таких як Al, Fe, Mn, Cu та Zn, а також на вміст поживних речовин, зокрема, на вміст фосфору. Цей показник також контролює чисельність мікроорганізмів. Наприклад, всі ґрунтові бактерії дуже чутливі до низького рН, на відміну від грибів, які на цей показник практично не реагують (табл. 5.4). Американські оцінки щодо впливу рН ґрунтового розчину на ріст і розвиток сільськогосподарських культур приведені у таблиці 5.5 (Smith, Doran. 1996; Karlen et al, 2008).

Вміст *нітратів* є важливим хімічним критерієм якості ґрунтів, бо саме нітрати складають більшу частину мінерального азоту у ґрунті. На думку

Таблиця 5.4. Вплив рН ґрунтового розчину на ґрунтові мікроорганізми

Мікроорганізми	Діапазон значень	Оптимальні величини
Бактерії	5-9	7
Актиноміцети	6,5-9,5	8
Гриби	2-7	5
Синьо-зелені бактерії	6-9	>7
Найпростіші	5-8	>7

Таблиця 5.5. Вплив рН ґрунтового розчину на сільськогосподарські культури (100 - найкращий вплив, 0 - найгірший).

Сільськогосподарська культура	Значення рН				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Кукурудза	34	73	83	100	85
Пшениця	68	78	89	100	99
Соя	65	79	80	100	93
Овес	77	93	99	98	100
Ячмінь	0	23	80	95	100
Люцерна	2	9	42	100	100
Тимофіївка	31	47	66	100	95

ґрунтознавців США головним джерелом ґрунтового NO_3^- є рослинні залишки, органічні та мінеральні добрива, атмосферний азот. В гарно зораних ґрунтах, амоній (NH_4^+) та аміак (NH_3) перетворюються в NO_3^- під дією специфічних популяції аеробних бактерій. Цей процес відомий як нітрифікація. Оскільки органічна речовина ґрунту є головним джерелом NO_3^- , а нітрифікація залежить від наявності аеробних мікроорганізмів, які розмножуються в присутності органічної речовини, то важливим чинником процесу нітрифікації буде оптимальне співвідношення С до N рослинних решток, органічних добрив та гумусу. З органічної речовини з високим вмістом співвідношення С:N (>24) уповільнюється вивільнення NO_3^- , тому що мікроорганізми спочатку іммобілізують всі доступні нітрати з ґрунту для свого росту і розвитку. Саме це і затримує розкладання органічної речовини та пов'язану з цим процедуру нітрифікації (Cabrerá et al, 2008). Якщо співвідношення зменшується, то процес нітрифікації пришвидшується. Треба мати на увазі, що нітрифікація може призвести до підкислення ґрунту іонами водню (H^+), що виділяються під час цього процесу. До того ж аніони азотної

кислоти легко транспортуються поверхневим і підземним стоком та викликають забруднення водойм і процеси евтрофікації.

Іншим видом біологічного перетворення азоту в ґрунті є денітрифікація, тобто перетворенням NO_3^- в окис азоту (N_2O), діоксид азоту (NO_2) і азот атмосфери (N_2). Денітрифікація відбувається за анаеробних умов, наприклад, у перезволожених заболочених ґрунтах. Навіть коли нітрифікуючі бактерії дуже активні у зовнішніх частинах ґрунтових агрегатів при гарній аерації ґрунтів, денітрифікація все ж може виникати в анаеробних умовах усередині агрегатів. Денітрифікація призводить до втрати азоту з ґрунту та утворює деякі форми проміжного газоподібного азоту (наприклад, N_2O), шкідливого для довкілля (Cabrerat al, 2008).

Біологічні показники

У верхньому шарі ґрунту міститься велика кількість живих організмів, які відіграють ключову роль у розкладанні органічної речовини, глобальних циклах біогенних хімічних елементів, деградації різноманітних забрудників, утворення ґрунтових агрегатів тощо. Біологічні показники ґрунту дають уявлення про стан живої складової ґрунту. Як і фізичні та хімічні показники, біологічні показники мають пряме відношення до функцій ґрунту і можуть оцінювати якість ґрунту в контексті можливостей реалізацій цих функцій. Біологічні показники є дуже динамічними властивостями ґрунту, які вкрай чутливі до процедур землекористування, швидкоплинних природних змін та хімічних забрудників. Зазначимо, що згідно з американськими оцінками, біологічні показники є найбільш інформативними параметрами щодо функції ґрунту. В першу чергу, це пов'язано з виключною пластичністю ґрунтової біоти, яка швидко пристосовується під мінливі, зовнішні відносно ґрунту, природні та (або) антропогенні впливи. Якщо хімічні, а особливо, фізичні показники якості ґрунту з певним запізненням у часі реагують на зовнішні антропогенні та природні процеси, то біологічні показники якості показують на зміни у ґрунті в реальному часі.

Згідно з американськими джерелами до біологічних показників якості ґрунтів відносяться результати прямих спостережень за чисельністю деяких видів організмів, які вказують або на здатність ґрунту функціонувати в певному режимі, або на здатність швидко повертатися до нормального режиму після екстремальних зовнішніх природних або антропогенних впливів.

Однак використання для індикації лише одного біологічного виду не дає повної впевненості в правильності висновків (тут має місце «правило зміни середовища існування» і, як наслідок, зміна екологічних характеристик виду). Американські вчені вважають, що краще досліджувати ті властивості ґрунту, які є результатом діяльності певних груп живих істот, що містяться у ґрунті. Саме тоді можна зробити висновки про якість ґрунту власне в біологічному сенсі. У науковій літературі США пропонуються такі біологічні індикатори якості ґрунтів:

- чисельність дощових хробаків;
- ферментативна активність ґрунту;
- вміст «грубої» фракції органічної речовини;
- інтенсивність дихання ґрунту;
- вміст загального органічного вуглецю.

Зазначено, що цей перелік не є повним та остаточним. У спеціальній літературі (наприклад, Pankhurst et al, 1997) зустрічається більш ніж десять показників, причому автори розрізняють поняття «якість ґрунту» та «здоров'я ґрунту». Індикатори «здоров'я ґрунту», визначають в контексті загальноєкологічної та екосистемної функції ґрунту, а показники «якості ґрунту» лише як параметри ґрунтової родючості, тобто реалізації лише виробничої функції.

Земляні (або дощові) хробаки (Earth worm) впливають на ґрунт трьома способами. По-перше, вони прокладають в землі ходи, що можуть сягати восьмиметрової глибини, і в певних умовах на 1 квадратний метр поверхні ґрунту може припасти до кількох кілометрів подібних ходів, які полегшують

проникнення повітря та води до кореневої системи, зменшують загальну щільність ґрунту, що сприяє розвитку рослин та мікробіологічної діяльності. По-друге, дощові хробаки перемішують різні шари ґрунту, виносячи нагору землю з нижніх шарів і зтягуючи рештки рослин на глибину, посилюючи тим самим гуміфікацію. По-третє, ґрунтова маса, що пройшла через харчовий тракт хробаків, збагачується поживними елементами та біологічно активними сполуками. Отже, чисельність земляних хробаків у певному обсязі ґрунту може бути ефективним показником якості ґрунтів. Водночас на чисельність хробаків сильно впливає вологість ґрунту, його аерація та температура. А тому при оцінці якості ґрунтів через кількість дощових хробаків треба враховувати вологість і температуру ґрунту в момент визначення їх чисельності, а також наявність та кількість рослинних залишків на поверхні ґрунту, які утримують комфортний для хробаків рівень вологи та температури ґрунту і забезпечують їхнє живлення. Вважається, зокрема, що технологія «no-till» та інші «консервуючі» технології обробітку ґрунту, які пов'язані з утворенням шару рослинних залишків на поверхні, створюють ідеальні умови для розмноження дощових черв'яків (Edwards, Bohlen, 1996; Hubbard et al, 1999).

Ферменти (Soil Enzymes) – це біологічні каталізатори білкової природи, які відіграють важливу роль в обміні речовин, регулюючи біологічні процеси. Вони відіграють також непересічну роль в мінералізації рослинних решток, а тому мають пряме відношення до живлення рослин. З іншого боку, бурхливий розвиток мікробіологічних і ферментативних процесів у ґрунті може призвести до дуже швидкої мінералізації органічної речовини ґрунту і, особливо, гумусу, а отже, до непродуктивних втрат азоту та інших поживних речовин. Ферменти синтезуються мікрофлорою, вищими рослинами й надходять у ґрунт з їх виділеннями, після відмирання мікробних клітин і рослинних решток. У зв'язку з тим, що джерелом ферментів є вся сукупність живих організмів, то загальна активність ферментів показує на

інтенсивність і спрямованість біохімічних процесів у ґрунті і може бути індикатором стану його біоти (Dick, 1994).

«Груба» фракція органічної речовини (ГФОР) (Particulate Organic Matter) – це фракція гумусу, яка найшвидше розкладається у ґрунті та містить детрит, неживу мікробну біомасу та легкі фракції вуглецю. Розміри цієї фракції коливаються від 2 мм до 0,053 мм (Cambardella and Elliot, 1992). Дослідження показали, що на деяких ґрунтах Східної Канади та США її вміст доходить до 20 % від загальної маси органічної речовини. Вона є дуже біологічно та хімічно активною речовиною і частиною лабільного (що легко розкладається) пулу органічної речовини ґрунту. ГФОР є джерелом енергії для ґрунтових мікроорганізмів, а також джерелом мінеральних сполук для рослин та одним з видів клею, які утворюють мікроагрегати ґрунту. Вміст ГФОР у ґрунті залежить від структури сівозмін, застосування (або не застосування) органічних добрив, кількості рослинних решток, що поступають щорічно в ґрунт, технологій обробітку ґрунту тощо. ГФОР вважають високочутливим індикатором екологічної якості ґрунту при оцінці ефективності його використання, зокрема, для контролю змін у напрямках та інтенсивності потоків вуглецю в біосфері. Згідно з американськими джерелами (Cambardella and Elliot, 1992), визначення кількісних параметрів, що характеризують ГФОР, необхідне для прийняття ефективних управлінських рішень, особливо пов'язаних з прогресуючими глобальними екологічними кризами (деградацією родючих земель, змінами клімату тощо).

Загальний органічний вуглець (ЗОВ) (Total Organic Carbon) складається з кількох фракцій: з вуглецю рослинних решток, розміром більше ніж 2 мм, з вуглецю грубої фракції органічної речовини (ГФОР), яка містить детрит, неживу мікробну біомасу та легкі фракції вуглецю з розміром від 2 мм до 0,06 мм, з вуглецю живої маси ґрунтових мікроорганізмів різного розміру та вуглецю гумусу, який міститься в часточках менш ніж 0.0053 мм. Враховуючи, що більшість аналітичних методів не розрізняють розкладені та нерозкладні органічні рештки, загальний органічний вуглець є гетерогенною,

динамічною речовиною, яка залежить від співвідношення компонентів, що складають ЗОВ, вмісту вуглецю в кожному компоненті та швидкості розкладання цього компоненту. Треба зазначити, що перші три фракції є найбільш активнішою складовою ЗОВ, вуглець яких оновлюється в терміни від 3 до 100 років. Відзначимо, що вуглець гумусу повністю оновлюється за кілька тисяч років. ЗОВ забезпечує багато функцій ґрунту. Це джерело енергії для мікроорганізмів і ґрунтових тварин, а також джерело поживних речовин для рослин. Тверді органічні речовини підвищують агрегатну стабільність, інфільтрацію води та аерацію ґрунту. ЗОВ збільшує високу ємність поглинання та буферні властивості ґрунту. ЗОВ також фіксує у ґрунті та припиняє міграцію в ландшафті речовини, які забруднюють довкілля (зокрема, радіонукліди та важкі метали). Вміст ЗОВ у ґрунті пов'язаний зі значними екологічними проблемами, які виникають за межами агроландшафтів. Зокрема, коли в процесі ерозії ґрунт, який містить велику кількість ЗОВ, попадає у водні об'єкти, то це може призвести до зміни якості води та евтрофікації озер та річок. Незавершена мінералізація ЗОВ у слабо осушених ґрунтах може призвести до утворення метану, одного з парникових газів.

Накопичення ЗОВ у ґрунті означає, що вуглець та інші поживні речовини зберігаються в проміжному органічному стані і на перспективу можуть бути доступними для сільськогосподарських рослин. Існують управлінські практики, які збільшують рівень ЗОВ у ґрунті – «консервуючі» системи землеробства, сівозміни з бобовими культурами та багаторічними с однорічними травами, застосування органічних добрив тощо (Pankhurst at al, 1997).

За сутністю навантаження індикатор якості ґрунтів «вміст загального органічного вуглецю у ґрунті» в багатьох аспектах дублює критерій «вміст органічної речовини ґрунту», який, як показано вище, був віднесений до хімічних показників якості ґрунтів.

Дихання ґрунту (Soil Respiration) – це виділення CO_2 з поверхні ґрунту. Джерелом CO_2 є аеробне мікробне розкладання органічної речовини ґрунту для отримання енергії для їх росту та функціонування («мікробне» дихання), дихання корневих систем рослин, розчинення карбонатів у ґрунтовому розчині тощо. Але в американській літературі (Pankhurst at al, 1997) дихання ґрунту визначають як показник саме біологічної активності ґрунту.

Низькі показники дихання ґрунту можуть відображати або невеликий вміст ЗОВ у ґрунті, або неоптимальні властивості ґрунтів, які не сприяють диханню рослин – низьку температуру ґрунту, відсутність вологи у ґрунті, погану аерацію тощо. Неповна мінералізація органічної речовини ґрунту та невеликі показники емісії CO_2 часто зустрічаються в перенасичених вологою або повністю затоплених ґрунтах, внаслідок чого замість CO_2 утворюються сполуки, які шкідливі для корневих систем рослин (наприклад, метан). У таких анаеробних середовищах зазвичай відбувається денітрифікація та випаровування окису сірки, що сприяє викидам парникових газів і складових кислотних опадів. Всі технологічні операції, які використовуються при вирощуванні сільськогосподарських культур, що приводять до збільшення вмісту ЗОВ («консервуючі» системи землеробства, сівозміни з бобовими культурами та травами, застосування органічних добрив тощо) автоматично посилюють ґрунтове дихання (Pankhurst at al, 1997).

5.2. Оцінка якості ґрунтів в країнах Європи

Концепція якості в контексті їх деградації та моніторингу ґрунтів країн ЄС

Аналіз публікацій європейських вчених показує, що вони мають спільне розуміння концепції якості ґрунтів з їхніми американськими колегами (Blum, 2005; Toth, 2008). При розробці та публікації головного документа в галузі використання ґрунтів «Тематичної стратегії захисту

ґрунтів Європейського Союзу» (Thematic Strategy..., 2006) були визначені критерії якості ґрунтів для Європи. Робочі групи дослідників, які розробляли цю Стратегію підготували наукові основи використання ґрунтів у Європі та запропонували підходи щодо визначення параметрів якості ґрунту, пов'язаних з *функціями ґрунту*.

Авторами Тематичної стратегії були визначені основні сім функції ґрунту, а саме (Thematic Strategy..., 2006):

- виробництво продуктів харчування та інших видів біомаси;
- зберігання, фільтрування та перетворення різних речовин та їх розчинів;
- створення середовища для проживання та зберігання генофонду живих організмів;
- створення фізичного та культурного середовища для людства;
- джерело сировини та різних інших матеріалів;
- ємність для утримання біосферних запасів вуглецю;
- сховище для геолого-археологічної спадщини.

Як зазначається, більшість із цих функцій є взаємозалежними, а тому розвиток деяких з них (наприклад, функції ґрунту як джерела сировини, функції фізичного середовища для людства) може означати зменшення здатності ґрунтів виконувати інші функції.

Тематична стратегія захисту ґрунтів підкреслює, що для сталого розвитку ґрунтів (тобто для повного використання всіх функцій ґрунту) потрібно щоб вони були захищені від деградації. Були визначені основні загрози європейським ґрунтам це:

- зменшення вмісту органічної речовини;
- ерозія ґрунту;
- переущільнення;
- зсуви;
- засолення та забруднення важкими металами;

- підкислення ґрунтового розчину.

В документі визначається, що деградація ґрунтів змінює функціональні можливості ґрунтів, а тому оцінка їх якості повинна бути пов'язана з оцінкою якості чинного землекористування. У свою чергу, оцінка землекористування повинна бути сформована на системних засадах і включати оцінки трансформації певного ґрунту під впливом землекористування в часі та в просторі та, одночасно, оцінки змін окремих параметрів якості ґрунту (Thematic Strategy..., 2006; Toth, 2008).

Європейськими вченими визначається, що під терміном «якість ґрунту» декларується його здатність забезпечувати повноцінне функціонування природних і антропогенних екосистем та задовольняти соціальні послуги завдяки можливості виконувати свої функції при мінливих зовнішніх впливах (Toth, 2008). Поняття якості ґрунтів, яке фігурує в цій дефініції, підкреслює соціальні та (або) екосистемні функції ґрунту. Також визначається, що поняття якості ґрунту, по-перше, має бути порівнювальне з деяким еталоном та, по-друге, може змінюватися у просторі та у часі, а тому оцінювач повинен враховувати умови оцінки відповідно до її мети (Toth, 2008). Одночасно зазначається, що оцінка якості ґрунтів ускладняється тим, що ґрунт є неоднорідним ресурсом, для якого важко встановити однозначні стандарти якості, однозначний еталон (Virto et al, 2015). А тому існують різні схеми оцінки ґрунту, які базуються на різноманітних методах та обсягах вихідних даних. Але жодна із схем не може задовольнити одночасну оцінку зразу всіх функцій. Вибір відповідної процедури оцінки ґрунту стає важливим завданням, оскільки за допомогою цієї операції відбувається зв'язок між певними ґрунтовими процесами та нашим розумінням їхнього значення в контексті функцій ґрунтів, що оцінюються (Toth, 2008).

За останні десятиліття в ЄС була розроблена система моніторингу параметрів (індикаторів), які характеризують його якість. На континентальному рівні основою для оцінювання якості ґрунтів була трьохетапна процедура, в якій спочатку оцінюється здатність певного ґрунту

виконати обрану функцію. Потім визначаються наявні загрози деградаційного характеру щодо розглянутої ґрунтової функції, і, нарешті, оцінюється здатність ґрунту виконувати обрану функцію на різних рівнях тих, які були виявлені на другому етапі зовнішніх загроз. Такий підхід демонструє, що в результаті експертизи визначається чутливість ґрунту до різних загроз існування ґрунту як природного тіла. Отже необхідно встановити функціональну здатність ґрунту (кількість функцій, які може виконувати ґрунт), а також реакції ґрунту на різні рівні впливу антропогенних та (або) природних загроз, щоб визначити якість даного ґрунту в контексті стійкості до можливих деградаційних впливів (Toth, 2008). Розробка цієї системи потребує детальної інформації про типи ґрунтів, характеристики ґрунту та загрози ґрунту у кожній досліджуваній території (Virto et al, 2015).

Важливою загальноєвропейською спробою визначення системи індикаторів якості ґрунтів було створення комплексної інформаційної системи ґрунтів в Європі шляхом розробки та випробування інтегрованого та оперативного набору показників. Ця система включає порогові значення показників і базовий рівень основних процесів деградації для ґрунтів, визначених у Європейській тематичній стратегії. Для кожного процесу деградації були відібрані по три параметри з початкової бази у 290 показників. Деякі з них є фактично вимірними значеннями, а інші оцінюються за допомогою моделювання (розрахунків). Ці індикатори були обрані експертами за такими критеріями (Virto et al, 2015):

- відповідність для оцінки інтенсивності кожного виду деградації;
- легкість застосування;
- придатність для використання у загальноєвропейському контексті.

Водночас визначається, що можливо, в майбутньому, доведеться розробляти більш детальнішу систему індикаторів окремо для різних областей в Європі в через виключно різноманіття типів ґрунтів в

Таблиця 5.6. Індикатори якості в залежності від виду деградації ґрунтів

Вид деградації ґрунту	Ґрунтовий індикатор	Метод отримання*	Базовий рівень	Пороговий рівень
Забруднення дифузними і місцевими джерелами	Вміст важких металів	B	Національний фоновий рівень	Визначено Національним законодавством
	Поживний баланс	B	Середній національний баланс	Визначено на регіональному рівні
	Концентрація органічних забруднюючих речовин	B	Національний фоновий рівень	Визначено Національним законодавством
	pH верхнього шару ґрунту	B	Не визначено	Не визначено
Засолення	Сольовий профіль	B	Електропровідність (ЕП) насиченого екстракту менше ніж 2 дсм/м	0,1% вмісту солей або ЕП менше ніж 4 дсм/м
	Вміст обмінного натрію (тільки в Іспанії)	B	Менше ніж 5 %	Більше ніж 15%
	Щільність (об'ємна щільність, щільність складення та загальна щільність)	B/P	Значення на нещільних ґрунтах	Щільність складання 1.75 г/см ³
Ущільнення	Пористість при заданому всмоктуванні	B	Значення на нещільних ґрунтах	Пористість при заданому всмоктуванні менше 5 кПа > 10%
	Проникність повітря	B	Не визначено	Не визначено
	Опір навантаженню	B	В залежності від структурного статусу ґрунту	Стійкість до навантаження < 2-5 МПа
	Показники макроструктури	P	Не визначено	Не визначено
	Вразливість до ущільнення	P	Не визначено	Постійна (не змінюється)
	Здатність до дренажу	B/P	Не визначено	Не визначено
	Сила попереднього стиснення	P	Вимірюється в не ущільнених ґрунтах	Менше ніж 90–120 КПа
Зменшення органічної речовини ґрунту	Вміст органічного вуглецю в верхньому шарі ґрунту	B	Не визначено	Не визначено
	Запас органічного вугрицю	B	Не визначено	Не визначено
	Запаси торфу	P	Не визначено	Не визначено
	Співвідношення C:N у верхньому шарі ґрунту	B	Не визначено	Не визначено
	Різноманіття мікробів та вірусів	B	Не визначено	Не визначено
	Різноманіття дощових хробаків та свіжої біомаси	B	Не визначено	Не визначено
	Різноманіття макрофауни	B	Не визначено	Не визначено
Біорізноманіття	Різноманіття колембол	B	Не визначено	Не визначено
	Різноманіття кліщів	B	Не визначено	Не визначено
	Різноманіття нематод	B	Не визначено	Не визначено
	Дихання мікроорганізмів	B	Не визначено	Не визначено
	Ферментативна активність	B	Не визначено	Не визначено
	Прогнозована втрата ґрунту	P	Водна ерозія та ерозія при обробці ґрунту	Водна ерозія та ерозія при обробці ґрунту
			Північна Європа 0-3 т/га за рік, Південна Європа 0-5 т/га за рік	Північна Європа 1-2 т/га за рік, Південна Європа 1-2 т/га за рік
Ерозія (водна, вітрова, при обробітку)	Виміряна втрата ґрунту	B	Вітрова ерозія: північна та південна Європа 0-2 т/га за рік	Вітрова ерозія: північна та південна Європа 2 т/га за рік
Запльованість поверхні зсуви	Виміряна втрата ґрунту	B	Водна: 0,5 т / га рік	Водна: 1-2 т / га рік
	Індикатори не визначені			

*B - вимірюється; P- оцінюється або розраховується.

Європейському Союзу та висока мінливість умов навколишнього середовища

та землекористування, зокрема пов'язаних зі зміною клімату.

В таблиці 5.6 наведено результати узагальнень, виконаних групою європейських фахівців і які показують переліки показників якості залежно від виду деградації ґрунтів. Метою складання цього списку показників було створення мережі моніторингу, в якій зміни характеристиках ґрунту в шарі 0-30 см повинні будуть періодично визначатися та накопичуватися у просторовій базі даних для всієї Європи (Toth et al, 2013).

Національна система оцінки якості ґрунтів у Великобританії

Ідентифікація та розробка переліку національних індикаторів якості ґрунтів у Великобританії почалося лише в новому столітті (Identification..., 2002). Тим не менше, вже зараз існує стала система показників, яка базується на визначенні основних функцій ґрунтів. Найважливішими функціями британські вчені вважали функції взаємодії ґрунт з довкіллям, виробництва харчових продуктів та волокон, створення базису для будівництва, підтримки біорізноманіття, забезпечення промислового виробництва сировиною та охорони культурної спадщини.

На першому етапі було визначено 67 потенційних показників для всіх функцій, які були ідентифіковані і згодом класифіковані на основі цих функцій ґрунту.

Первинна класифікація показників якості складалась з трьох основних груп:

- ті, для яких існували значні дані та певний досвід інтерпретації;
- ті, для яких було недостатньо даних, але, тим не менше, вони можуть бути інтерпретовані та використані в оцінці ґрунтів;
- ті, для яких даних абсолютно недостатньо і треба проводити спеціальні дослідження для їх отримання.

Для ідентифікації індикаторів останньої групи були проведені окремі дослідження.

Отже, з 67 ідентифікованих потенційних показників було виділене обмежене число індикаторів, які стосуються тільки взаємодії ґрунту з довкіллям та впливу на продуктивність агроландшафтів. Причому було відмічено, що продуктивність ґрунтів забезпечується здебільшого хімічними параметрами ґрунту. Всі показники були класифіковані на хімічні, біологічні та фізичні категорії. До *хімічної* групи індикаторів британськими вченими були віднесені: вміст органічного вуглецю; рН верхнього шару ґрунту; ємність поглинання катіонів (в шарі ґрунту в 1 м); адсорбційна здатність аніонів у верхньому шарі ґрунту; ступінь насиченості основами ґрунтово-поглинального комплексу; вміст хімічних елементів (зокрема, важких металів) та органічних сполук, що забруднюють ґрунт. До *біологічної* групи індикаторів були віднесені показники: вміст вуглецю мікробної біомаси; загальна біомаса ґрунту; біологічний бал; заснований на ДНК індекс мікробного розмаїття та ферментативна активність ґрунту. До *фізичних показників* були віднесені наступні параметри: інтегрований показник аерації метрової товщі ґрунту; інтенсивність прояву ерозії; стан поверхні ґрунту; вміст стабільних агрегатів; щільність ґрунту; верхня межа пластичності ґрунту до глибини 1 м; фільтраційна здатність ґрунту; вміст воднодиспергованої глини.

В прикінцевому звіті з проблеми оцінки якості британських ґрунтів (The development..., 2006), врахувавши наявну інформацію, експертами для аналізу були взяті лише 11 показників, для яких були визначені конкретні значення або діапазони значень (так звані «тригери» – triggers), що презентують рівень придатності ґрунту для конкретного використання. А саме:

- вміст органічної речовини або органічного вуглецю;
- значення водного рН;
- вміст фосфору (за методом Олсона);
- вміст загального азоту;
- щільність;

- здатність до дренажу;
- вміст стабільних агрегатів;
- вміст важких металів;
- вміст речовин органічного походження, що забруднюють ґрунт;
- вміст азоту, який легко мінералізується;
- показники шпаруватості ґрунту.

Автори визначають, що вибір цих одинадцяти параметрів не є вичерпними і вони можуть в майбутньому бути змінені (The development..., 2006).

Водночас, кожний з приведених вище індикаторів так чи інакше пов'язаний з одною або кількома функціями ґрунту, реагує на зовнішні зміни природного або антропогенного характеру, має «тригерні» значення, що пов'язані з типом ґрунту та технологією використання земель.

Важливим моментом в процедурі визначення цього переліку було ще й те, що він спирався на існуючу лабораторну базу та сталі методики визначення властивостей ґрунтів. Приведені показники до того ж, на думку авторів, можуть бути легко інтегровані в національну систему моніторингу довкілля (The development..., 2006).

Національна система оцінки якості ґрунтів у Франції

На думку французьких авторів поняття якості ґрунту не має абсолютно однозначного визначення (Jolivet at al, 2006). Констатується, що якість ґрунту залежить від можливостей тих чи інших ґрунтів виконувати свої екосистемні та виробничі функції. Останні пов'язані не тільки із забезпеченням рослин поживними елементами та водою, а й зі сприятливими для сільськогосподарських рослин фізичними властивостями, які дозволяють зберігати воду, забезпечувати необхідну аерацію та ріст коренів (Jolivet at al, 2006). Важливим критерієм якості ґрунтів є їх здатність адаптуватися до сучасних змін клімату.

На даний час в Франції в рамках проекту «Reseaud Mesures de la Qualité des Sols» (RMQS - Мережа моніторингу якості ґрунтів), була створена система моніторингу показників якості ґрунтів. Було виділено 1650 моніторингових ділянок в різних частинах країни і з 2008 року почалося систематичне спостереження та створення постійних баз даних з картування результатів (The state..., 2011). В національній системі спостережень за ґрунтами фігурують наступні *агрономічні параметри*:

- гранулометричний склад ґрунту;
- рН водного розчину;
- вміст органічного вуглецю;
- вміст макро- та мікроелементів живлення (азот, фосфор, калій, бор, мідь тощо).

До *екологічних критеріїв*, які визначаються французькими вченими в якості показників якості ґрунтів, були віднесені:

- вміст важких металів (Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn);
- вміст стійких органічних забруднювачів (зокрема, деяких пестицидів та діоксинів);
- вміст деяких груп патогенних мікроорганізмів.

Що стосується переліку *біологічних критеріїв*, то для процедур оцінки якості ґрунтів в системі національного моніторингу французькі фахівці віднесли оцінки чисельності певних груп бактерій та грибів, а також чисельність представників ґрунтової фауни (нематод, дощових черв'яків тощо).

Спостереження за цими показниками протягом останнього десятиліття дозволила зробити певні висновки.

Зокрема, у сільськогосподарських ґрунтах Франції не виявлено зниження вмісту фосфору і калію, що свідчить про певний прогрес, досягнутий в управлінні родючістю ґрунтів внаслідок внесення мінеральних і органічних добрив, а також зростання вмісту цих елементів живлення за рахунок природних джерел постачання через прискорене вивітрювання

мінералів у деяких ґрунтах. При цьому спостереження показали, що є ґрунт з відносно низьким рівнем фосфору. Констатується також нестача мікроелементів живлення, вміст яких в ґрунті не відповідає вимогам сільськогосподарських культур.

Водночас виявлено високу здатність ґрунтів Франції до запливання, особливо за умов екстремальних кліматичних змін, які супроводжуються збільшенням кількості опадів. Запливання поверхні приводить до певної «герметизації» ґрунтів, що негативно впливає на їх біологічні параметри якості. До того ж, надлишкові опади стимулюють поширення внутрішнього ґрунтового та «бокового» стоку і виніс поживних елементів у гідрологічну мережу. Емісія цих сполук у річки та озера разом з боковим стоком та одночасно з поверхневою ерозією є головною причиною евтрофікації водойм.

Спостереження за вмістом органічного вуглецю у французьких ґрунтах показують, що зростання вмісту цієї речовини може пом'якшити наслідки зміни клімату через збільшення концентрації вуглекислого газу у повітрі. Ґрунти континентальної Франції містять значні запаси вуглецю органічного походження, які оцінюються в 3,2 млрд. тон в перших 30 сантиметрів ґрунту. В той самий час, моніторинг ґрунтів показав, що у деяких сільськогосподарських регіонах (Бретань, Гасконь, Піренейське передгір'я) цей запас вуглецю поступово зменшується через зміни у технологіях використання ґрунтів, які відбуваються протягом останніх декількох десятиліть. В інших частинах Франції запаси ґрунтового вуглецю більш стабілізувалися, або навіть потроху зросли.

Головним чинником, який впливає на зростання вмісту органічного вуглецю в ґрунтах, є зміна цільового призначення земель, зокрема, замість земель сільськогосподарського призначення зростають площі під лісовими насадженнями. Національний потенціал додаткового зберігання органічного вуглецю у ґрунті за рахунок поступового збільшення площ лісів приведе, за

оцінкою французьких фахівців, до накопиченню щорічно від 1 до 3 мільйонів тон вуглецю протягом майбутніх 20 років (The state..., 2011).

Важливим наслідком створення мережі моніторингу RMQS є розуміння виключного біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів (приблизно 10 мільярдів особин на грам ґрунту), що складає собою до кінця невідомий, але значний генетичний пул. Інвентаризація цього біорізноманіття, на думку французьких авторів, є основним викликом у контексті розуміння екологічної функції ґрунту. Автори звертають увагу на значну варіацію мікробного біорізноманіття залежно від текстури ґрунту, його рН, вмісту органічного вуглецю і існуючої практики землекористування. Французькі вчені вважають, що існує певний зв'язок між всіма функціями ґрунту та кількістю та різноманіттям мікробних спільнот. Цей зв'язок, як вважається, може бути важливим перспективним напрямком майбутніх досліджень (The state..., 2011).

Оцінка якості ґрунтів в інших країни ЄС

Огляд робіт європейських вчених щодо якості ґрунтів (Schlotera at al, 2003; Mueller at al, 2007; Martinez-Salgado at al, 2012; Schiefer at al, 2015; Zornoza at al, 2015; Apesteguia at al, 2017 тощо) показує, що за думкою багатьох авторів індикатори якості ґрунту повинні бути дуже конкретними та визначатися з точки зору екологічного, економічного та соціального розвитку певного регіону та враховувати ті властивості ґрунту, які можуть реагувати на динамічні зміни в агроєкосистемах.

Водночас, вони повинні бути простими для вимірювання, охоплювати найбільші можливі типи ґрунтів, а їх перелік повинен залежати від можливостей реалізації функцій ґрунту. Показники якості ґрунту повинні демонструвати його здатність забезпечувати розвиток живих організмів та певну продуктивність культурних рослин, за рахунок утримання води та поживних речовин, усунення або повної детоксикації органічних та неорганічних забруднювачів.

Важливою вимогою до індикаторів якості ґрунтів є їх чутливість до швидкоплинних змін ґрунтових властивостей під дією окремих технологій вирощування сільськогосподарських культур та змін параметрів навколишнього середовища, зокрема, змін клімату. Особливі вимоги щодо індикаторів якості ґрунту пов'язані з ідентифікацією проміжків часу, за який спостерігається реакція ґрунту на певні зміни. Вони повинні бути щонайкоротшими, бо коли виникає кризова ситуація у разі загрози незворотних втрат якості ґрунту, то потрібні дуже швидкі стабілізуючі управлінські дії для агроєкосистеми. До того ж, індикатори повинні бути доступними з точки зору технологій їх вимірювання і корисними для широкого кола різнопланових фахівців: як виробників сільськогосподарської продукції, так і науковців, фахівців в галузі охорони довкілля та, навіть, політиків (Martinez-Salgado at al, 2012).

Якщо показники якості ґрунту повинні характеризувати його здатність до виробництва певної біомаси сільськогосподарських культур високої якості, то більшість науковців (Schlotera at al, 2003; Mueller at al, 2007; Martinez-Salgado at al, 2012; Schiefer at al, 2015 та інші) схилиються до стандартного набору *фізичних та хімічних показників* – вмісту органічної речовини, поживних елементів, солей, важких металів та радіонуклідів, значення рН ґрунтового розчину, параметри інфільтрації, щільності, шпаруватості ґрунту тощо. Певною новизною відрізняється думка іспанських вчених, які вважають, що якість ґрунту повинна корелювати не тільки із станом довкілля, якістю та кількістю сільськогосподарської продукції, а і з *показниками здоров'я людей*, які проживають на території, де оцінюється якість ґрунтів (Zornoza at al, 2015).

Що стосується *біологічних показників якості ґрунтів*, то тут одностайної думки немає. До оцінки якості ґрунту через біологічні показники долучаються «прямі» індикатори, які вказують на чисельність мікро- та макроорганізмів, зокрема, чисельність популяції дощових черв'яків, нематод, термітів, мурашок. Також включають до біологічних показників кількісні і

якісні параметри мікробної ґрунтової біомаси, грибів, актиноміцетів та (або) лишайників. Одночасно до біологічних показників якості ґрунту долучають «непрямі» показники, які є результатом діяльності живих істот у ґрунті, зокрема, так зване «дихання» ґрунту, що є непрямим вимірюванням мікробної активності, пов'язаною з розкладанням органічних речовин у ґрунті. Іншими непрямыми біологічними показниками є хімічні сполуки або продукти метаболізму організмів, зокрема ферменти, пов'язані з специфічними функціями ґрунту, такими як мінералізація органічного азоту, сірки та фосфору. Аналіз ферментативної активності ґрунту є потенційно важливим показником якості не тільки ґрунту, а екосистем взагалі. Цей показник досить чутливий до управлінських дій і є «біологічним відбитком пальців» щодо минулого управління ґрунтом, зокрема, впровадження нових технологій обробітку ґрунту та трансформації структури посівних площ (Schlotera et al, 2003; Martinez-Salgado et al, 2012).

Спроба використання американських технологій комплексного визначення якості ґрунтів в умовах іспанського Середземномор'я показала, що система SMAF (див. вище) в умовах зрошення та специфічних технологій обробітку ґрунту, потребує повторного калібрування (Zornoza et al, 2015).

5.3. Оцінка якості ґрунтів в інших країнах Світу

В роботах канадських авторів визначається, що оцінка критеріїв якості ґрунтів є необхідною процедурою при плануванні найкращих стратегій щодо їхнього агровикористання. Якісний ґрунт повинен мати найкращу придатність до поглинання, утримання та забезпечення рослин водою та поживними речовинами. Слідом за американськими колегами визначається, що існує необхідність з широкого спектра фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунту, які можуть бути використані для оцінки його якості, вибрати найінформативніші (Bolinder et al, 1999). В якості такого універсального показнику після проведених досліджень деякі автори (наприклад, Bolinder et al, 1999), рекомендують, особливо для ґрунтів Східної

Канади, використовувати загальний вміст органічної речовини та її якісні параметри. В роботах (Gregorich et al, 1994; Biederbeck et al, 1998) показано, що такі важливі показники якості ґрунтів як щільність, вміст органічного вуглецю та загального азоту, вміст азоту, що легко мінералізуються, мікробна маса ґрунту та ферментативна активність прямо пов'язані з органічною речовиною ґрунту. Визнається що показники, які характеризують органічну речовину ґрунту, добре реагують на зміни в технологіях обробітку ґрунту, сівозмінах та можуть бути використані у дослідженнях, присвячених секвестру вуглецю в агроландшфтах.

В *Новій Зеландії* дослідницька група (Sparling et al, 2003), з початкового списку у понад 20 показників якості ґрунтів, вибрала тільки сім: вміст загального вуглецю, вміст загального азоту; рН (водне), вміст фосфору (методу Olsen), вміст мінералізованого азоту, щільність ґрунту, макро- і загальна пористість.

6. ЯКІСТЬ ҐРУНТІВ ТА ГРОШОВА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

6.1. Економічна оцінка земель

Земельна ділянка як об'єкт оцінки

Земельна ділянка – це частина земної поверхні з установленими межами, певним місцем розташування, з визначеними щодо неї правами (стаття 79 Земельного кодексу України). Земельна ділянка – частина земної поверхні, що має фіксовані межі, характеризується певним місцем розташування, природними властивостями, фізичними параметрами, правовим і господарським станом та іншими характеристиками.

При оцінюванні земельна ділянка розглядається як частина земної поверхні та (або) простір над та під нею висотою і глибиною, що необхідні для здійснення земельних поліпшень.

Земельна ділянка має певні властивості, які викликають зацікавленість як у дійсного на відповідний час власника, так і у потенційного покупця. Саме наявність певних корисних властивостей викликає потребу виміряти їх в універсальній формі – грошовій (Башнянин та ін., 2002).

Застосування такого універсального інструменту як гроші дозволяє все різноманіття загальних рис та індивідуальних особливостей, кількісних та якісних показників звести результат до єдиного показника – ціни, за яку в разі досягнення угоди між продавцем і покупцем певна земельна ділянка перейде до нового власника, або буде встановлено розмір податку, який власник має сплачувати за володіння чи користування нею (Башнянин та ін., 2002).

Поняття про земельну ренту

Для підприємств промисловості, транспорту, будівництва, розміщення населених пунктів, для інших галузей виробництва земля слугує

просторовим операційним базисом, місцем для розміщення будинків, споруд, інфраструктури тощо. Зовсім іншу роль виконує земля в сільському та у лісовому господарстві, де вона є не тільки матеріальною умовою, але й активним чинником виробництва. Земля в цьому випадку є носієм визначних природних властивостей, що характеризують її родючість, а тому в сільському і лісовому господарстві вона є ще і основним засобом виробництва та предметом праці (Башнянин та ін., 2002).

У той час, як інші засоби виробництва можуть бути створені в необхідних кількостях і розмірах, поверхня землі не може бути розширена. З просторовою обмеженістю землі пов'язана така особливість як *сталість її місця знаходження*, тобто, необхідність використання земельної ділянки там, де вона розташована. Принцип не переміщення земельної ділянки має значення для вирішення питань територіального розміщення і спеціалізації сільського господарства та впливає на витрати виробництва і собівартість сільськогосподарської продукції.

Істотною особливістю землі є її *незамінність*, тобто, неможливість використовувати замість них які-небудь інші засоби виробництва. Незамінність землі, особливо в сільському і лісовому господарствах, створює об'єктивну необхідність підвищення рівня інтенсивності використання земельних ділянок шляхом вкладення додаткових витрат із метою одержання більшої кількості продукції з одиниці земельної площі.

Землю включено в сферу виробництва, оскільки забезпечуючи людину їжею та виконують інші унікальні функції, вона стає об'єктом присвоєння, тобто, *власністю*. Наявність власності на землю зумовлює отримання землевласником додаткового доходу, який виступає як *земельна рента* (лат. *reddo* – повертаю, сплачую). Існує безпосередній зв'язок між ціною землі та земельною рентою, що зумовлює необхідність детальнішого розгляду природи земельної ренти.

Виділяють такі основні форми земельної ренти: *диференціальну, абсолютну, монопольну* (Башнянин та ін., 2002).

Диференціальна земельна рента характеризується відмінностями в природних умовах, які призводять до того, що при однакових витратах на різних за якістю і місцем розташуванням землях виробляється різний обсяг продукції, і, відповідно, неоднаковий додатковий дохід, який і є матеріальною основою ренти.

Фактори, які впливають на утворення диференціальної ренти в агровиробництві, поділяються на об'єктивні (родючість земельних ділянок, їх місце розташування) і суб'єктивні, які залежать в основному від якості менеджменту, який визначає продуктивність праці. Тому за способом утворення диференціальну земельну ренту поділяють на два види: *диференціальну ренту I* (утворюється під дією об'єктивних факторів при одному і тому ж рівні інтенсивності ведення господарства) і *диференціальну ренту II* (в результаті дії штучних факторів на одних і тих же земельних ділянках, а саме, вкладення капіталу та праці) (Башнянин та ін., 2002).

Механізм утворення диференціальної земельної ренти I наступний. Наприклад, є три ділянки землі однакової площі, але різні за родючістю. Перша ділянка з ґрунтовим покривом – сірі опідзолені ґрунти, бал бонітету 41, друга ділянка зайнята темно-сірими опідзоленими ґрунтами, бал бонітету 61 і третя – чорноземами опідзоленими, бал бонітету 70. При однакових витратах виробництва вони дають різну кількість продукції озимої пшениці відповідно – 30, 50, 55 центнерів з гектару. В результаті різної природної родючості на другій і третій ділянках досягається вища продуктивність землі, що знайде своє відбиття і в попиті на землю як ресурс. Відповідно різною буде й ціна на землю, якщо остання визначатиметься на ринковій основі.

Механізм утворення диференціальної земельної ренти II такий. Використання кращих сільськогосподарських машин, насіння, поліпшення культури землеробства за рахунок додаткових капіталовкладень дає змогу підвищувати продуктивність праці й отримувати більше продукції з кожного гектара землі. Отже, природна родючість землі доповнюється і все більше замінюється економічною родючістю. Водночас зменшується різниця у

природній родючості різних ділянок, дедалі меншу роль відіграє (з розвитком транспорту) їх місце розташування. За умов раціонального сільськогосподарського виробництва додаткові капіталовкладення забезпечують не лише окупність цих витрат, а й отримання надлишкового доходу, який набуває форми диференціальної ренти II (Башнянин та ін., 2002).

Абсолютна рента – форма земельної ренти, яку сплачують власникові за будь-яку ділянку землі, незалежно від її родючості й місця розташування (звідси назва абсолютна). Її джерело – надлишок додаткової вартості над середнім прибутком (різниця між ринковою вартістю сільськогосподарської продукції та суспільною ціною виробництва), що створюється найманими працівниками, а умова виникнення – значно нижча органічна будова капіталу в сільському господарстві. У цих умовах землевласники виставляють високу орендну плату на будь-які земельні ділянки, а орендарі встановлюють завищені ціни на сільськогосподарську продукцію, щоб мати можливість заплатити цю орендну плату. Абсолютна рента є наслідком монополії власності на землю і абсолютно нееластичної пропозиції в умовах існування на неї приватної власності. Коли така монополія зникає, наприклад, при утворенні великої кількості конкуруючої між собою невеликих фермерських господарств, зникає причина існування абсолютної ренти.

Умовами утворення *монопольної* ренти є обмеженість і не відтворюваність земель особливої якості чи певні унікальні кліматичні умови. Для цих земель характерно те, що тільки на них, лише в даних природно-кліматичних умовах можливе виробництво агропродукції з особливими характеристиками. Оскільки збільшення виробництва специфічної продукції не може досягатися шляхом розширення площ вирощування та залученням до сільськогосподарського обігу нових земель, а постійний і високий попит на цю продукцію не задовольняється, то виникає можливість встановлення монопольно високих цін. Саме різниця між монопольними цінами і витратами на виробництво і складає монопольну

ренту, яка залишається у землевласника. Наприклад, ознаки монопольної ренти мають власники земель сільськогосподарського призначення у провінції Шампань у Франції, де виробляється унікальний виноград для виробництва ексклюзивних вин.

Економічна оцінка земель

Економічна оцінка земель, згідно з Законом України «Про оцінку земель» (2015), – це оцінка землі як природного ресурсу і засобу виробництва у сільському та лісовому господарствах і як просторового базису в суспільному виробництві за показниками, що характеризують продуктивність земель, ефективність їх використання та дохідність на одиниці площі. Показники економічної оцінки земель передбачається визначати в *умовних кадастрових гектарах* або у *грошовому виразі*. Передбачається, що дані економічної оцінки земель мають виступати основою при проведенні *нормативної грошової оцінки* земельних ділянок, аналізі ефективності використання земель, порівняно з іншими природними ресурсами та визначенні економічної придатності земель сільськогосподарського призначення для вирощування сільськогосподарських культур. Законодавство передбачає, що економічна оцінка земель сільськогосподарського призначення має проводитись один раз у 5-7 років, відповідно до державних стандартів, норм і правил, а також інших нормативно-правових актів на землях сільськогосподарського призначення незалежно від форм власності. Виконавцями робіт з економічної оцінки земель мають бути юридичні особи, які є розробниками документації із землеустрою відповідно до Закону України "Про землеустрій" (Закон України «Про оцінку земель», 2015).

За період незалежності України економічна оцінка земель не проводилась. Останній (третій) тур економічної оцінки земель колгоспів і радгоспів Української РСР за результатами їх господарювання протягом 1981-87 рр. був проведений у 1988 році. Економічна оцінка земель

здійснювалася за єдиною для СРСР системою на основі «Загальносоюзної методики оцінки земель» та «Вказівок про порядок проведення оцінки земель». Вона була виконана за усіма господарствами УРСР в двох аспектах:

- загальна оцінка ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ і сільськогосподарських угідь в цілому;
- виокремлена оцінка ріллі – за ефективністю вирощування основних сільськогосподарських культур (зернових без кукурудзи, кукурудзи на зерно, рису, цукрових буряків, соняшнику, льону-довгунця, картоплі, овочів і кормових культур).

Основними показниками економічної оцінки земель були:

- Величина валової продукції за видами угідь в кадастрових цінах, (крб./га) при загальній оцінці; врожайність основних сільськогосподарських культур (ц/га) при виокремленій оцінці земель. Показники валової продукції і врожайності відображали досягнутий рівень виробництва і залежали як від якості земель, так і від рівня інтенсивності землеробства.
- Окупність витрат (крб./100 крб.), тобто відношення вартості продукції в кадастрових цінах до витрат на її виробництво, характеризував відмінності у продуктивності землеробської праці.
- Диференціальний дохід (грн/га), що є додатковою частиною чистого доходу на землях кращої якості, який показував на загальну величину економічного ефекту використання земель з одночасним урахуванням їх якості і рівня інтенсивності землеробства. В якості основи для обчислення диференціального доходу при оцінці земель, приймалося відношення такої величини валового продукту до вихідної величини витрат, при якій окупність витрат дорівнює 1,35, тобто при рентабельності 35 %.

Природно-науковою основою економічної оцінки земель були матеріали великомасштабного обстеження ґрунтів всіх колгоспів і радгоспів УРСР та їх коригування, на основі яких для кожного господарства було складено експлікації агровиробничих груп ґрунтів.

Матеріали економічної оцінки земель 1988 року зберігаються у Державному фонді документації із землеустрою та застосовувалися під час проведення нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення станом на 01.07.1995 року, а також при визначенні втрат сільськогосподарського виробництва для обрахунку коефіцієнту інтенсивності використання земель (Мартин, 2013).

6.2. Нормативна оцінка земель

Загальні положення

Нормативна грошова оцінка земель *використовується для:*

- визначення розміру земельного податку (відповідно до пункту 274.1 статті 274 Податкового кодексу України ставка податку за земельні ділянки, нормативну грошову оцінку яких проведено, встановлюється для сільськогосподарських угідь не більше 3 відсотків від їх нормативної грошової оцінки);
- визначення державного мита при обміні, спадкуванні та даруванні земельних ділянок згідно із законом;
- визначення орендної плати за земельні ділянки державної та комунальної власності (відповідно до пункту 288.5 статті 288 ПКУ розмір орендної плати встановлюється у договорі оренди, але річна сума платежу, згідно 288.5.1. не може бути меншою ніж 3 % нормативної грошової оцінки, а згідно 288.5.2. не може перевищувати 12 % нормативної грошової оцінки);
- розрахунку втрат сільськогосподарського виробництва;
- розроблення показників та механізмів економічного стимулювання раціонального використання та охорони земель;
- визначення суми платежів в процесі примусового відчуження (викупу) земельних ділянок для суспільних потреб (забезпечення національної безпеки і оборони, будівництво, реконструкція та обслуговування лінійних об'єктів та об'єктів транспортної і енергетичної

інфраструктури, розміщення та обслуговування об'єктів, пов'язаних із видобуванням корисних копалин, будівництво захисних гідротехнічних споруд; будівництво та обслуговування нафтових і газових свердловин та виробничих споруд, необхідних для їх експлуатації, захоронення шкідливих речовин і відходів виробництва; розташування об'єктів природно-заповідного фонду тощо) (Закон України «Про відчуження земельних ділянок...», 2010).

Законодавчою основою нормативної оцінки земель в Україні є

- Земельний кодекс України;
- Закон України «Про оцінку земель»;
- Постанова Кабінету міністрів України від 16 листопада 2016 р. № 831 «Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення»

Інформаційною базою для нормативної оцінки земель сільськогосподарського призначення є матеріали

- державного земельного кадастру (кількісна і якісна характеристика земель, бонітування ґрунтів, економічна оцінка земель);
- матеріали внутрішньо господарського землевпорядкування;
- проекти формування територій і встановлення меж сільських, селищних рад, встановлення меж населених пунктів;
- матеріали інвентаризації земель тощо;

Нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення визначається відповідно до *нормативів капіталізованого рентного доходу на землях сільськогосподарського призначення природно-сільськогосподарських районів Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя та показників бонітування ґрунтів шляхом підсумовування нормативної грошової оцінки окремих агровиробничих груп ґрунтів.*

Нормативна грошова оцінка здійснюється *окремо* для

- орних земель,

- земель під багаторічними насадженнями,
- природних сіножатей,
- пасовищ,
- перелогів,
- несільськогосподарських угідь (лісосмуги, господарські споруди, землі під господарськими шляхами та прогонами, землі, яка тимчасово законсервовані тощо) на землях сільськогосподарського призначення.

Нормативна грошова оцінка орних земель, земель під багаторічними насадженнями, природними сіножатями і пасовищами в сільськогосподарських підприємствах обчислюється після уточнення меж і площ цих земель.

Методика нормативної оцінки сільськогосподарських земель окремих підприємств та земельних ділянок

Нормативна грошова оцінка земельної ділянки в межах окремої агровиробничої групи ґрунтів складається з нормативної оцінки кожного сільськогосподарського угіддя (ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів) в межах цієї агровиробничої групи:

$$\Gamma_{\text{agr}(p)} = \Gamma_{y(p)} \quad (B_{\text{agr } p} / B_{(p)}) \quad (5.1)$$

$$\Gamma_{\text{agr}(\text{бн})} = \Gamma_{y(\text{бн})} \quad (B_{\text{agr } \text{бн}} / B_{(\text{бн})}) \quad (5.2)$$

$$\Gamma_{\text{agr}(c)} = \Gamma_{y(c)} \quad (B_{\text{agr } c} / B_{(c)}) \quad (5.3)$$

$$\Gamma_{\text{agr}(пс)} = \Gamma_{y(пс)} \quad (B_{\text{agr } пс} / B_{(пс)}) \quad (5.4)$$

$$\Gamma_{\text{agr}(пр)} = \Gamma_{y(пр)} \quad (B_{\text{agr } пр} / B_{(пр)}), \quad (5.5)$$

де $\Gamma_{\text{agr}(p)}$, $\Gamma_{\text{agr}(\text{бн})}$, $\Gamma_{\text{agr}(c)}$, $\Gamma_{\text{agr}(пс)}$, $\Gamma_{\text{agr}(пр)}$, – нормативна грошова оцінка конкретної агровиробничої групи ґрунтів, відповідно, для ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів, грн/га; $\Gamma_{y(p)}$, $\Gamma_{y(\text{бн})}$, $\Gamma_{y(c)}$, $\Gamma_{y(пс)}$, $\Gamma_{y(пр)}$, – норматив капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя (ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів) в умовах конкретного природно-сільськогосподарського

району на 1 січня 2012 року, грн/га; $B_{agr(p)}$, $B_{agr(бн)}$, $B_{agr(с)}$, $B_{agr(пс)}$, $B_{agr(пр)}$, – бал бонітету агровиробничої групи ґрунтів для ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів в умовах конкретного природно-сільськогосподарського району, грн/га; $B_{(p)}$, $B_{(бн)}$, $B_{(с)}$, $B_{(пс)}$, $B_{(пр)}$, – середній бал бонітету всіх ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя (ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів) природно-сільськогосподарського району (Бонітування ґрунтів, 1993; Мартин, 2011, 2013; Постанова Кабінету міністрів України, 2016).

Враховуючи, що нормативи капіталізованого рентного доходу розраховані на 1 січня 2012 року, то треба ввести поправки на щорічну інфляцію. У 2012 році коефіцієнт перерахунку складав 1,0, у 2013 році – 1,0, у 2014 році – 1,249, у 2015 році – 1,433 (крім сільськогосподарських угідь) та 1,2 для сільськогосподарських угідь (рілля, перелогів, сіножатей, пасовищ, багаторічні насадження).

Нормативна грошова оцінка окремої земельної ділянки сільськогосподарського призначення конкретної агровиробничої групи ґрунтів визначається як сума оцінок за формулою:

$$\Gamma_{зді} = \Gamma_{agr(p)} \times P_{agr(p)} + \Gamma_{agr(бн)} \times P_{agr(бн)} + \Gamma_{agr(с)} \times P_{agr(с)} + \Gamma_{agr(пс)} \times P_{agr(пс)} + \Gamma_{agr(пр)} \times P_{agr(пр)} + \Gamma_{нст} \quad (5.6)$$

де $\Gamma_{зді}$ – нормативна грошова оцінка земельної ділянки сільськогосподарського призначення конкретної агровиробничої групи ґрунтів, грн; $P_{agr(p)}$, $P_{agr(бн)}$, $P_{agr(с)}$, $P_{agr(пс)}$, $P_{agr(пр)}$, – відповідно, площа ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів у цій агровиробничій групі, га; $P_{нст}$ – площа несільськогосподарських угідь (земель під господарськими шляхами і прогонами, полезахисними лісовими смугами та іншими захисними насадженнями, крім тих, що віднесені до земель лісгосподарського призначення, земель під господарськими будівлями і дворами, земель під інфраструктурою гуртових ринків сільськогосподарської продукції, земель тимчасової консервації тощо), га; $\Gamma_{нст}$ – норматив

Таблиця 6.1. Нормативи капіталізованого рентного доходу на землях сільськогосподарського призначення природно-сільськогосподарських районів Миколаївської області (грн/га)

Найменування природно-сільськогосподарського району, шифр району	Рілля, перелоги	Багаторічні насадження			Сіножаті	Пасовища	Несільськогосподарські угіддя
		сади	виноградники	інші багаторічні насадження			
Кривоозерський (1)	34524,8	70288,9	81239,4	14030,4	6522,3	7206,1	
Доманівсько-Арбузинський (2)	33170,9	67360,2	77854,4	13445,8	8696,4	7011,4	
Вознесенський (3)	29786,1	29287,0	33849,8	5846,0	11595,2	6621,8	
Сланецько-Казанський (4)	27078,3	54181,0	62622,0	10815,1	10145,8	5648,0	24599,5
Новоодеський (5)	23693,5	45394,9	52467,1	9061,3	–	4674,2	
Баштансько-Снігурівський (6)	23016,5	42466,9	49082,2	8476,7	5797,6	5063,8	
Очаківський (7)	19631,7	36608,8	42312,2	7 307,5	6522,3	4284,7	

капіталізованого рентного доходу несільськогосподарських угідь на землях сільськогосподарського призначення, грн./га

Нормативна грошова оцінка земельної ділянки сільськогосподарського призначення, яка складається з кількох агровиробничих груп ґрунтів розраховується як сума нормативних грошових оцінок по кожній агровиробничій групі:

$$\Gamma_{зд} = \sum_{i=1}^n \Gamma_{зді}, \quad (5.7)$$

де i - номер агровиробничої групи ґрунтів, а n – загальна кількість агровиробничих груп ґрунтів в межах підприємства або земельної ділянки (Мартин, 2011, 2013; Постанова Кабінету міністрів України, 2016).

Приклад розрахунку нормативної грошової оцінки

Дати нормативну оцінку та розрахувати величину земельного податку для фермерського господарства в Кривоозерському природно-сільськогосподарському районі площею в 1000 га. Структура угідь наступна:

Таблиця 6.2. Середній бонітет агровиробничих груп ґрунтів по природно-сільськогосподарським районам Миколаївської області

Найменування природно-сільськогосподарського району та їх номери	Рілля, перелоги	Багаторічні насадження			Сіножаті	Пасовища
		сади	виноградники	інші багаторічні насадження		
Кривоозерський (1)	88	89	90	88	78	68
Доманівсько-Арбузинський (2)	82	87	86	81	72	62
Вознесенський (3)	78	80	80	88	77	68
Сланецько-Казанський (4)	74	78	78	84	75	64
Новоодеський (5)	70	78	73	80	73	60
Баштансько-Снігурівський (6)	69	79	69	69	69	59
Очаківський (7)	67	69	69	67	62	57

рілля 600 га, виноградники - 50 га, пасовища – 230 га, несільськогосподарські угіддя – 120 га.

Рілля розміщена на чотирьох агровиробничих групах ґрунтів:

- 53 – Чорноземи типові мало гумусні та чорноземи сильнореградовані (300 га, бонітет – 78);
- 50 – Темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані середньо змиті (150 га, бонітет - 60);
- 51 – Темно-сірі опідзолені і реградовані ґрунти та чорноземи опідзолені і реградовані сильно змиті (50 га, бонітет – 56);
- 52 – Чорноземи типові слабо гумусні та їх комплекси з слабо осолоділими ґрунтами до 30 % (100 га, бонітет – 85).

Виноградники господарства складається з двох агровиробничих груп ґрунтів:

- 53 – Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильно реградовані (30 га, бонітет – 78);
- 52 – Чорноземи типові слабогумусні та їх комплекси з слабоосолоділими ґрунтами до 30 % (20 га, бонітет – 85).

Пасовища займають дві агровиробничі групи ґрунтів:

- 54. Чорноземи типові середньогумусні (200 га, бонітет - 90)
- 55. Чорноземи типові та чорноземи сильно реградовані слабо змиті (30 га, бонітет – 78).

Згідно (5.1-5.6) та таблиці 5.1 та 5.2, нормативна грошова оцінка ріллі господарства розраховується таким чином:

$$\Gamma_{\text{здр}} \quad \left[\begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \right] \quad \text{грн}$$

Нормативна грошова оцінка виноградників буде дорівнювати:

$$\Gamma_{\text{здв}} \quad \left[\begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \right] \quad \text{грн}$$

Нормативна грошова оцінка пасовищ буде дорівнювати

$$\Gamma_{\text{здп}} \quad \left[\begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} - \end{pmatrix} \right] \quad \text{грн}$$

Нормативна грошова оцінка несільськогосподарських угідь буде дорівнювати

$$\Gamma_{\text{здну}} \quad \text{грн}$$

Сумарна нормативна грошова оцінка земель всього господарства дорівнює

$$\Gamma_{\text{зд}} \quad \text{грн}$$

Враховуючи, що ці оцінки зроблені на основі нормативів капіталізованого рентного доходу на 1 січня 2012 року, то для актуалізації на 1.01.2017 року треба ввести поправку на величину щорічної інфляції (Закон України № 1791) нормативна грошова оцінка земель цього господарства на 01.01.2016 року буде дорівнювати 38814702 грн ($25897186 \times 1,249 \times 1,20$), а величина земельного податку – 1164441 грн ($38814702 \times 0,03$).

6.3. Експертна оцінка земель

Загальні положення

Можливість купівлі-продажу земельних ділянок та здійснення інших майнових операцій з земельними ділянками сільськогосподарського призначення або з правами на їх володіння для подальшого використання та отримання певного доходу обумовлює необхідність визначення *реальної вартості земельної власності*. В цій вартості повинні акумулюватися конкретні обставини угоди, її мета та умови, інтереси сторін. Саме для цього і призначена експертна грошова оцінка (Закон..., 2003). Отже, експертна оцінка земель сільськогосподарського призначення проводиться в наступних випадках.

1. При тому, що Закон України «Про оцінку земель» прямо не передбачає, що експертна грошова оцінка земельної ділянки обов'язково повинна проводитися при укладенні договору «купівлі-продажу» земельних ділянок сільськогосподарського призначення, ціни, що фігурують у договорі можуть і не відповідати визначеній експертній грошовій оцінці, але сума податків, які підлягають до сплати, повинна вираховуватися з суми, яка повинна бути не меншою, ніж величини вартості ділянки, яка визначена за експертною грошовою оцінкою.

2. При відчуженні та страхуванні земельних ділянок, які належать до державної або комунальної власності, відповідно до ч. 8 ст. 128 Земельного кодексу України, ціна земельної ділянки визначається тільки за експертною грошовою оцінкою.

3. Для передачі земельної ділянки у заставу також необхідно провести її експертну грошову оцінку. З проведеної оцінки визначиться сума державного мита, яка сплачується при укладенні договору застави.

4. Коли вартість земельної ділянки є вкладанням в певний інвестиційний проект, то згідно з Закону України «Про інвестиційну діяльність», якщо цим інвестиційним проектом пропонуються які завгодно

земельні поліпшення, то для визначення вартості вкладу необхідно проводити експертну грошову оцінку ділянки.

5. При визначенні вартості земельних ділянок, що належать до державної або комунальної власності, у разі, коли вони вносяться до статутного фонду господарського товариства проводиться експертна грошова оцінка.

6. Для визначення вартості земельних ділянок у випадку, коли проводиться реорганізація, банкрутство або ліквідація господарського товариства (підприємства) з державною часткою або часткою комунального майна, проводиться експертна оцінка.

7. При визначенні збитків власникам або землекористувачам земель сільськогосподарського призначення (згідно рішення суду) проводиться експертна грошова оцінка

Експертна грошова оцінка земельних ділянок проводиться на основі таких методичних підходів (Закон..., 2003):

- капіталізація чистого операційного або рентного доходу від використання земельних ділянок;
- зіставлення цін продажу подібних земельних ділянок;
- врахування витрат на земельні поліпшення.

Експертну грошову оцінку земельних ділянок проводять суб'єкти оцінювальної діяльності, які отримали відповідну ліцензію, відповідно до вимог Закону «Про оцінку земель», Закону України «Про оцінку майна, майнових прав і професійну оціночну діяльність в Україні», а також інших нормативно-правових актів та державних стандартів, норм і правил.

За результатами експертної грошової оцінки земельної ділянки складається *звіт про грошову оцінку*. Звіти з експертної грошової оцінки земельних ділянок, крім звітів з експертної грошової оцінки земельних ділянок державної та комунальної власності у разі їх продажу, підлягають *рецензуванню*. Рецензування звіту з експертної грошової оцінки земельних ділянок здійснюється у разі обов'язкового проведення експертної грошової

оцінки земельних ділянок, а також на вимогу зацікавлених осіб та в інших випадках, визначених законом. Підставою для рецензування звіту з експертної грошової оцінки земельних ділянок на вимогу зацікавлених осіб є їх письмове звернення до осіб, яким, відповідно до цього Закону, надано право здійснювати рецензування. Обов'язковим є рецензування звітів з експертної грошової оцінки земельних ділянок у разі викупу земельних ділянок права приватної власності для суспільних потреб та примусового їх відчуження з мотивів суспільної необхідності відповідно до закону (Закон..., 2003).

Поняття про ринкову та неринкову вартість земельної ділянки

У процесі проведення експертної грошової оцінки земельної ділянки сільськогосподарського призначення, одним із найперших рішень, яке необхідно прийняти оцінювачу є визначенням виду вартості, яка обумовлена метою оцінки, сферою застосування її результатів та нормативними вимогами. Фундаментальними для всієї практики оцінки є концепція та визначення *ринкової вартості*.

В міжнародних стандартах оцінки нерухомості наведено визначення поняття «ринкова вартість». *«Розрахункова величина, яка дорівнює грошовій сумі, за яку передбачається перехід майна з рук в руки на дату оцінки, в результаті комерційної угоди між добровільним покупцем і добровільним продавцем після адекватного маркетингу. При цьому передбачається, що кожна із сторін діяла компетентно, розсудливо і без примусу»* (Методичні основи..., 2006).

Неринкові види вартості як база оцінки визначаються за допомогою методів та оцінювальних процедур, які ґрунтуються на результатах аналізу корисності або призначення земельної ділянки, а також вивченні впливу умов використання або способу відчуження об'єкта оцінки. Неринкові види вартості як база оцінки визначаються за допомогою методів та оцінювальних

процедур, які ґрунтуються на результатах аналізу корисності або призначення земельної ділянки, а також вивченні впливу умов використання або способу відчуження об'єкта оцінки (Методичні основи..., 2006).

Страхова вартість є вартістю власності, яка визначається як ймовірний розмір страхової суми, встановленої в результаті аналізу умов договору страхування (страхового полісу) в цілому, для окремого страхового випадку, зокрема. При цьому враховуються особливості стану земельної ділянки, її поточне використання, впливу зовнішніх факторів на формування ринкової вартості тощо. У разі виникнення необхідності визначення розміру ймовірного страхового відшкодування, оцінка застрахованого майна проводиться з урахуванням умов страхування та дотриманням принципів корисності і заміщення. При укладенні договору страхування певної земельної ділянки, з метою визначення страхової вартості часто відшукається подібна ділянка, що продається та купується на ринку. А потім оцінка розміру ймовірного страхового відшкодування проводиться виходячи з характеристики аналогічної ділянки та розрахунку прямих збитків при настанні страхового випадку (Методичні основи..., 2006).

Податкова вартість є вартістю, що розраховується у порядку, визначеному законодавством про оподаткування землі. Законом України «Про плату за землю» встановлено, що плата за землю реалізується у вигляді земельного податку, що визначається залежно від грошової (нормативної) оцінки земель. Головною особливістю нормативної оцінки є те, що вона не враховує основного ринкового принципу – попиту та пропозиції. А тому податкова вартість відноситься до неринкової бази оцінки.

Споживча вартість є вартістю внеску, який конкретний власник вносить у вартість того підприємства, частиною якого вона є, без урахування найбільш ефективного використання цієї власності в майбутньому, та без врахування тієї грошової суми, яка може бути отримана від її продажу.

Спеціальна вартість - сума ринкової вартості та надбавки до неї, яка формується за наявності нетипової мотивації чи особливого інтересу

потенційного покупця (користувача) в об'єкті оцінки. В даному випадку спеціальна вартість враховує особливий інтерес конкретного покупця, тому її відносять до неринкової бази оцінки (Методичні основи..., 2006, 2007).

Методичний підхід експертної грошової оцінки земель, що ґрунтується на капіталізації чистого операційного або рентного доходу від використання земельних ділянок

Методичний підхід, що базується на основі *капіталізації чистого операційного (або рентного) доходу* від використання земельних ділянок (фактичного або очікуваного) передбачає визначення розміру вартості земельної ділянки від умов реального використання з урахуванням установлених обтяжень та обмежень. Чистий операційний дохід – це різниця між сумою надходжень від використання земельної ділянки сільськогосподарського призначення та операційними витратами, пов'язаними з одержанням валового доходу. При цьому вартість земельної ділянки визначається як співвідношення сумарного чистого операційного або рентного доходу за певний час до коефіцієнту капіталізації за цей же проміжок часу за формулою:

$$B_z = D/C_k \quad (5.8)$$

B_z – вартість земельної ділянки, грн/га; D – чистий операційний (рентний) дохід, грн/га; C_k – ставка капіталізації, тобто коефіцієнт перерахунку чистого операційного (або рентного) доходу в поточну вартість об'єкта оцінки (Закон..., 2003).

Чистий операційний дохід в (5.8) розраховується як різниця між валовим доходом від вирощування найбільш поширених (товарних) культур і витратами на їх виробництво в розрахунку або на всю площу, або на одиницю площі. Валовий дохід визначається на основі показника середньої врожайності, що склалась у господарстві, землі якого підлягають експертній оцінці, при застосуванні найбільш поширеної агротехніки, тобто, на підставі даних про врожайність за останні кілька років. В якості цін

використовуються середні ціни реалізації одиниці продукції сільськогосподарських культур на найбільш доступних ринках збуту в найближчих містах реалізації продукції (Методичні основи..., 2006).

Якщо господарство, що оцінюється, вирощує кілька сільськогосподарських культур, то загальний чистий операційний дохід доцільно визначати як величину середньозважену з чистих операційних доходів, отриманих від різних культур. Як вагові коефіцієнти можна використовувати частку від загальної площі зайнятою кожною культурою. При визначенні витрат можна користуватися наявними в господарствах даними про собівартість продукції рослинництва з подальшим їх коригуванням на прибуток підприємця і відшкодування основних фондів, розраховані на основі оцінки їх ринкової вартості та економічного строку життя (Перович, 2003, 2010).

Існує декілька методів визначення *ставки капіталізації* (екстракції, кумулятивної побудови, зв'язаних інвестицій тощо). За *кумулятивним методом* величина C_K чистого операційного доходу визначається за формулою:

$$C_K = B_K \sum_{i=1}^n P_i \quad (5.9)$$

де B_K – базова або без ризикова ставка капіталізації; P_i – ставка ризиків на вкладення інвестицій (коефіцієнти); n – кількість ризиків. В перелік ризиків включаються, як правило, ризики на управління інвестиціями, ризики на інфляцію, загальний стан землеробства тощо.

Капіталізацією в даному випадку називається процедура перерахунку потоку минулих доходів у суму поточної вартості землі. А коефіцієнт капіталізації – це ставка, за допомогою якої здійснюється перехід від величини поточного чистого доходу до вартості земельної ділянки. При такому підході до оцінки, вартість земельної ділянки розглядається як різновид грошового капіталу і, відповідно, коефіцієнт капіталізації визначається виходячи з характеристик грошового ринку на дату проведення експертної оцінки. Критерієм ефективності вкладення капіталу виступає

процентна ставка по інвестиціям, що характеризується порівняльним рівнем ризику. У більшості країн інвестиції в сільськогосподарські землі вважаються не дуже ризикованими і прирівнюються до ризиків вкладів у банки високої категорії надійності. Тому рекомендується за базову ставку брати ставки по депозитах українських банків найвищої категорії надійності (Перович, 2010).

Зазначимо, що встановлення ставки капіталізації, що визначається кумулятивним способом, є результатом саме експертних оцінок на конкретну дату, оскільки їх розмір встановлюється для конкретного об'єкта оцінювання, на конкретну дату, з урахуванням впливу низки чинників, які віддзеркалюють дуже конкретні ринкові умови.

Приклад. Визначити на 01.04.2017 року вартість земельної ділянки у Новоодеському районі Миколаївської області площею у 100 га, на 25 % якої вирощується озима пшениця, на 30 % ярий ячмінь, 25 % займає чорний пар, 20 % вирощується соняшник. Середня багаторічна врожайність сільськогосподарських культур така: озима пшениця – 4 т/га; ярий ячмінь – 3 т/га, соняшник – 2 т/га. Закупівельні ціни 01.04.2017 ВАТ «Нібулон» склали на зерно озимої пшениці 3 класу – 5290 грн/т; на зерно ячменю – 4730 грн/т; на насіння соняшнику – 10 000 грн/т. Собівартість виробництва в 2016 році в господарстві була при вирощуванні озимої пшениці – 2100 грн/т; при вирощуванні ячменю – 3460 грн/т; при вирощуванні соняшнику – 2700 грн/т.

Банками України категорії А на 01.04.2017 були: Сітібанк, Райфайзенбанк (Аваль), Прокредітбанк, Кредітагроколь банк. Середня ставка по валютним депозитам у банках категорії А склала 7,5 % або 0,075. Оцінка ризиків на 01.04.2017 на управління інвестиціями – 0,05, на інфляцію – 0,25, на загальний стан землеробства – 0,15.

Виробництво зерна озимої пшениці склало 100 т (25 га × 4 т/га); виробництво зерна ярого ячменю - 90 т (30 га × 3 т/га); виробництво насіння соняшнику – 40 т (20 га × 2 т/га). Валовий дохід при вирощуванні озимої

пшениці 522 500 грн. ($100 \text{ т} \times 5225 \text{ грн/т}$); валовий дохід при вирощуванні ярого ячменю 425 700 грн ($90 \text{ т} \times 4730 \text{ грн/т}$); валовий дохід при вирощуванні соняшнику 400 000 грн ($40 \text{ т} \times 10000 \text{ грн/т}$). Собівартість виробництва при вирощуванні озимої пшениці у господарстві складає 210 000 грн ($100 \text{ т} \times 2100 \text{ грн/т}$); собівартість виробництва при вирощуванні ярого ячменю 310 500 грн ($90 \text{ т} \times 3450 \text{ грн/т}$); собівартість виробництва при вирощуванні соняшнику 108 000 грн ($40 \text{ т} \times 2700 \text{ грн/т}$).

Чистий операційний (рентний) дохід при вирощуванні озимої пшениці складає 312 500 грн ($522\,500 \text{ грн} - 210\,000 \text{ грн}$); чистий операційний (рентний) дохід при вирощуванні ярого ячменю 115 200 грн ($425\,700 \text{ грн} - 310\,500 \text{ грн}$); чистий операційний (рентний) дохід при вирощуванні соняшнику 292 000 грн ($400\,000 \text{ грн} - 108\,000 \text{ грн}$).

Чистий операційний (рентний) дохід на 1 га ділянки складає 171 085 грн ($312\,500 \text{ грн} \times 25 \text{ га} + 115\,200 \text{ грн} \times 30 \text{ га} + 292\,000 \text{ грн} \times 20 \text{ га} + 0 \times 25 \text{ га}$)/100 га = $(7\,812\,500 + 3\,456\,000 + 5\,840\,000)/100 = 171\,085 \text{ грн}$. Вартість 1 га ділянки, що оцінюється дорівнює $171\,085/(0,075 + 0,05 + 0,25 + 0,15) = 171\,085/0,525 = 325\,876 \text{ грн}$. Вартість всієї земельної ділянки складає 32 587 600 грн ($325\,876 \text{ грн} \times 100 \text{ га}$).

Методичний підхід експертної грошової оцінки земель, що ґрунтується на капіталізації чистого операційного або рентного доходу від використання земельних ділянок має певні недоліки, а саме:

- цей підхід не можна використовувати за умови збиткового ведення виробництва на землях сільськогосподарського призначення;
- вартість земельної ділянки визначається суто економічними показниками (рівнем цін, витратами на вирощування сільськогосподарської культури, чистим доходом тощо), які є лише похідними характеристиками від властивостей ділянки (правовий режим, функціональне використання земельної ділянки, умови продажу, місце перебування, родючість ґрунту тощо);

- на чистий операційний (рентний) дохід, що є функцією від валового доходу та собівартості, сильно впливає якість менеджменту, що ні яким чином не враховується при реалізації цього методичного підходу;
- вартість ділянки розраховується на основі попередньої на момент оцінювання експлуатації землі і не враховуються майбутні можливості збільшити чистий операційний (рентний) дохід за рахунок різних меліоративних та агротехнічних заходів.

Методичний підхід експертної грошової оцінки земель, що ґрунтується на зіставленні цін продажу подібних земельних ділянок

Сутність даного методичного підходу полягає в тому, що оцінювач повинен проаналізувати *відмінності* між земельною ділянкою, що оцінюється, та подібними земельними ділянками, які вже продані і мають ринкову ціну. Для встановлення ціни актуальної ділянки в перерахунку в гривнях за гектар, треба внести поправки на відмінності у характеристиках земельних ділянок-аналогів, що вже оцінені та продані.

До факторів, що впливають на вартість земельної ділянки сільськогосподарського призначення (зокрема, ріллі), належать (Перович, 2010):

- правовий режим земельної ділянки;
- функціональне використання земельної ділянки;
- умови продажу (вільний продаж або змушений продаж);
- дата продажу (різниця в часі між операціями з продажу);
- місцезнаходження (відмінності земельних ділянок, розміщених у різних мікрокліматичних зонах, у різних масивах сільськогосподарських земель, транспортний фактор, доступність до ринків збуту продукції та мережі агрономічного та технічного забезпечення, демографічна та соціально-економічна ситуація, умови використання прилеглої території тощо);

- якісні характеристики - розмір та конфігурація земельної ділянки, експозиція та крутість схилу, заболоченість, еродованість, рівень інженерно-меліоративного облаштування, режим ґрунтових вод та паводків, переважний напрямок вітрів, родючість та стан ґрунтів (бонітет ґрунту) тощо;

- використання прилеглої території (функціональне використання прилеглих земельних ділянок, щільність населення, рівень інженерно-транспортної інфраструктури, стан довкілля), типовий набір культур, що вирощуються в районі розташування земельної ділянки.

До специфічних факторів, що впливають на вартість земельних ділянок під *природними сіножатями і пасовищами*, а також *перелогами*, належать такі характеристики: місце розташування, стан рослинного покриву, рівень продуктивності, стан ґрунтів, природні умови тощо.

Визначення оцінної вартості земельної ділянки шляхом зіставлення цін продажу подібних земельних ділянок передбачає зіставлення цін продажів кількох подібних земельних ділянок, тому кінцева величина оцінної вартості визначається як середнє значення для ранжованого ряду отриманих варіантів значень (без урахування найбільшого та найменшого) або найбільш поширене значення серед отриманих результатів. При недостатній інформації про ціни продажу подібних земельних ділянок у конкретній природній зоні (через їх незначну кількість) допускається порівняння з подібними за цільовим призначенням земельними ділянками, розташованими в інших регіонах.

Якщо корисні властивості земельної ділянки-аналога перевищують відповідні параметри земельної ділянки, що оцінюється, то її ціну необхідно зменшити, а якщо поступаються - то її ціна повинна бути збільшена. Тобто, іде процес заміщення характеристик земельних ділянок-аналогів характеристиками земельної ділянки, яка оцінюється, і відповідно коригується ціна продажу земельної ділянки, що зіставляється. Результатом застосування даного методичного підходу є приблизна ринкова вартість

земельної ділянки, визначена шляхом трансформації цін продажу подібних земельних ділянок.

За цим підходом оцінна вартість земельної ділянки визначається на рівні ціни продажу подібних земельних ділянок за формулою:

$$Ц_{за} = Ц_a \sum_{j=1}^m \Delta_{Цaj}, \quad (5.10)$$

де $Ц_{за}$ – оцінна вартість земельної ділянки, визначена зіставленням ціни продажу подібної земельної ділянки, грн/га; $Ц_a$ – ціна продажу подібної земельної ділянки грн/га; m – кількість факторів порівняння; $\Delta_{Цaj}$ – різниця (поправка) в ціні продажу подібної земельної ділянки за j -ми факторами порівняння, грн/га.

Визначення оцінної вартості земельної ділянки шляхом зіставлення цін продажу подібних земельних ділянок передбачає зіставлення цін продажів кількох подібних земельних ділянок, тому кінцева величина оцінної вартості визначається як *середнє значення для ранжованого ряду варіантів значень* (без урахування найбільшого та найменшого) або найпоширеніше значення серед отриманих результатів. При недостатній інформації про ціни продажу подібних земельних ділянок у конкретній зоні (через їх незначну кількість) допускається порівняння з подібними за цільовим призначенням земельними ділянками, розташованими в інших районах з аналогічними характеристиками.

Для оцінки родючості використовується результати бонітування агровиробничих груп земель (Бонітування..., 1993).

Приклад. У Вітовському районі Миколаївської області в жовтні 2016 року продається прямокутна ділянка ріллі в 100 га, що розташована в 5 км від села Шевченково і 2 км від траси Миколаїв-Херсон. 50 га цієї ділянки зрошується з Інгулецького магістрального каналу і на протязі останніх 20 років вирощувалися овочі. 50 га суходолу використовувалось під вирощування соняшника, озимої пшениці та ярового ячменю. Зрошувана рілля знаходиться у приканальній зоні і має високий рівень ґрунтових вод – 2 м. Ґрунти на суходолі – чорноземи південні середньосуглинкові нееродовані

(бонітет – 62), на зрошенні – чорноземи південні середньосуглинкові слабосолонцюваті не еродовані (60). Для порівняння було відібрано п'ять земельних ділянок, які продавалися в південній частині Миколаївської області.

Ділянка № 1. В Очаківському районі в жовтні 2015 року була продана квадратна суходільна ділянка ріллі в 38 га, що розташована в 15 км від села Бузьке. 38 га суходолу використовувалось під вирощування соняшника, озимої пшениці та ярового ячменю. Ґрунти – темно-каштанові важкосуглинкові середньоеродовані (бонітет – 48). Вартість ділянки – 532000 грн

Ділянка № 2. В Снігурівському районі в квітні 2016 року була продана зрошувана прямокутна ділянка ріллі в 15 га, яка складалася з двох складових ділянок в 10 га та 5 га, які розташовані одна від одного на відстань в 3 км. До найближчого села – Вавілово від першої ділянки 6 км, від другої 4 км. До траси Миколаїв-Снігурівка від першої ділянки 7 км, від другої – 12 км. Ґрунти – чорнозем південний важкосуглинковий середньосолонцюватий (бонітет – 67). Вартість ділянки – 235000 грн.

Ділянка №3. У Вітовському районі на околицях селища Воскресенське в 1 км від траси Миколаїв-Баштанка в березні 2014 року була продана прямокутна зрошувана ділянка, яка зайнята плодоносним персиковим садом у 25 га. Ґрунти – темно-каштанові солонцюваті легкосуглинкові сильно еродовані (бонітет – 51). Вартість ділянки – 225000 грн.

Ділянка № 4. В Снігурівському районі Миколаївської області в травні 2015 року була продана за борги суходільна ділянка ріллі неправильної форми в 35 га, яка знаходиться в заплаві річки Інгулець. До найближчого села Баратівка – 12 км. Ґрунти – чорнозем південний легкосуглинковий слабо солонцюватий (бонітет – 62). Рівень ґрунтових вод – 1 м. Вартість ділянки – 280 000 грн.

Ділянка № 5. У Вітовському районі у лютому 2014 року була продана суходільна ділянка ріллі в 15 га в формі трапеції. До найближчого села

Таблиця 5.3. Процедура співставленні цін продажу подібних земельних ділянок

Показники	Вихідна ділянка	Ділянка №1	Ділянка №2	Ділянка №3	Ділянка №4	Ділянка №5
Площа, га	100	38	15	25	35	15
Ціна продажу, грн..		532000	235000	225000	280000	200000
Ціна за 1 га, грн..		14000	15667	9000	8000	13333
Умови продажу	стандартн і	стандартн і	стандартн і	стандартн і	за борги	стандартн і
Поправка, %		0%	0%	0%	+30%	0%
Відкоригована ціна грн./га		14000	15667	9000	10400	13333
Дата продажу	10.16	04.16	03.16	03.14	05.15	02.14
Сумарний індекс інфляції		1,06	1,07	1,98	1,15	1,99
Поправка, %		+6%	+7%	+98%	+15%	+99%
Відкоригована ціна грн./га		14840	16764	17820	11960	26532
Місце розташування	5 км від села та 2 км від траси	в 15 км від села та траси	6 та 4 км від села 7 та 12 км від траси	0 км від села та 1 км від траси	12 км від села та траси	3 км від села та траси-
Поправка, %		-20%	-15%	+5%	-18%	+7 %
Відкоригована ціна грн./га		11872	14249	18711	9807	24675
Фізичні характеристики (форма ділянки, їх кількість)	прямокут на	квадратна	дві ділянки	прямокут на	неправиль на форма	прямокут на
Поправка, %		0%	-20%	0%	-5%	0%
Відкоригована ціна грн./га		11872	11399	18711		24675
Меліоративний стан	50 га зрошення, 50 га суходіл	суходіл	зрошення	зрошення	суходіл	суходіл
Поправка, %		-25%	+25%	+25%	-25%	-25%
Відкоригована ціна грн./га		8904	14249	23389	7355	18506
Рівень ґрунтових вод (ГВ), м	2,0	>10 м	>10 м	>10 м	1,0	>10 м
Поправка на рівень ГВ, %		+10%	+10%	+10%	-15%	+10%
Відкоригована ціна грн./га		9794	15674	25728	6251	20356
Набір культур	Овочі – 50 га, польові культури – 50 га	Польові культури	Польові культури	Персиков ий сад	Польові культури, овочі	Польові культури
Поправка на набір культур, %		-20%	-10%	-40%	-5%	-20%
Відкоригована ціна грн./га		7835	14106	15437	5938	16284
Значення бонітету	62	48	67	51	62	55
Поправка на бонітет, %		+29%	-8%	+22%	0	+13%
Остаточна оціночна вартість, грн./га		10107	12977	18833	5938	18401

Лимани— 3 км. Ґрунти — темно-каштанові важкосуглинкові

середньоеродовані, слабкосолонцюваті (бонітет – 55). Вартість ділянки – 200 000 грн.

Індекси інфляції за 2014 рік (по місяцям): 1 – 1,020; 2 – 1,060; 3 – 1,022; 4 – 1,033; 5 – 1,038; 6 – 1,010; 7 – 1,004; 8 – 1,008; 9 – 1,029; 10 – 1,024; 11 – 1,019; 12 – 1,030. Індекси інфляції за 2015 рік (по місяцям): 1 – 1,031; 2 – 1,053; 3 – 1,108; 4 – 1,140; 5 – 1,022; 6 – 1,004; 7 – 0,990; 8 – 0,992; 9 – 1,023; 10 – 0,987; 11 – 1,020; 12 – 1,007. Індекси інфляції за 2016 рік (по місяцям): 1 – 1,009; 2 – 0,996; 3 – 1,010; 4 – 1,035; 5 – 1,010; 6 – 0,998; 7 – 0,999; 8 – 0,997; 9 – 1,018; 10 – 1,028; 11 – 1,018; 12 – 1,010 (Финансовый портал, 2015).

Поетапні розрахунки, згідно (5.10), приведені в таблиці 5.3. В результаті розрахунків отримані п'ять експертних оцінок вартості земельних ділянок, які наближені до вірогідної вартості ділянки, що виставлена на продаж. У ранжованому вигляді ці оцінки мають такий вигляд (в грн/га): 5938, 10107, 12977, 18401, 18833. Без урахування найбільшого та найменшого значення середня вартість земельних ділянок буде дорівнювати приблизно 13800 грн/га, або 1380000 грн за всю ділянку, що слід вважати приблизною вартістю цього об'єкту продажу у Вітовському районі Миколаївської області.

Методичний підхід експертної оцінки земель, що ґрунтується на врахуванні витрат на земельні поліпшення

Методичний підхід, що ґрунтується на врахуванні витрат на земельні поліпшення, застосовують при проведенні оцінки земельних ділянок за умови їхнього ефективного використання. За цим підходом вартість земельної ділянки визначають як *залишок між очікуваним доходом від продажу покращеної земельної ділянки (або капіталізованим чистим операційним чи рентним доходом від її використання) та всіма витратами на такі покращення (меліорацію) за формулою (Методичні основи..., 2007):*

$$\text{Ц}_e = \text{Ц}_o - \text{В}_{oc} \quad (5.11)$$

де: C_e – вартість земельної ділянки, що визначена шляхом розрахунку витрат на земельні поліпшення, грн, C_o – очікуваний дохід від продажу поліпшеної земельної ділянки або капіталізований чистий операційний чи рентний дохід від її використання, грн, V_{oc} – витрати на земельні поліпшення, грн.

Отже, загальний алгоритм застосування даного методичного підходу передбачає визначення (Методичні основи..., 2007):

- ринкової вартості поліпшеної земельної ділянки;
- витрат на земельні поліпшення;
- ринкової вартості земельної ділянки як залишку між вартістю поліпшеної земельної ділянки та витратами на земельні поліпшення.

При оцінці земельних ділянок, використовуваних як сільськогосподарські угіддя, треба зазначити, що земельні поліпшення істотно впливають на вартість земельної ділянки. Так, зрошувальна система може суттєво позначитися на підвищенні врожайності, джерело води також збільшує можливості зростання доходів від використання земельної ділянки, істотно впливає на одержання доходів наявністю протиерозійної системи (лісозахисні смуги, греблі тощо), господарських будівель і споруд, доріг та інше.

Отже, при оцінці поліпшених земельних ділянок сільськогосподарського призначення виникає потреба у визначенні складових, які використовують у даному методичному підході – рентного доходу від поліпшеної земельної ділянки, виробничих витрат і прибутку виробника (підприємницький дохід) (Методичні основи..., 2007).

Для обчислення рентного доходу із поліпшених земельних ділянок, використовуваних як сільськогосподарські угіддя, необхідно враховувати типову (нормальну) врожайність сільськогосподарських культур, що є стандартною для даної місцевості у розрізі відповідних агровиробничих груп ґрунтів, та норматив підвищення врожайності шляхом застосування агротехнічних заходів. Дохід від продажу продукції для ріллі можна

визначати виходячи з валового виходу основної культури, але при цьому потрібно знати продуктивність супутніх культур, щоб зробити перерахунок у продуктивність основної культури. При оцінці ріллі треба брати до уваги можливість одержання кількох урожаїв протягом сезону. Дохід від продажу сільськогосподарської продукції, який можна мати від земельної ділянки з багаторічними насадженнями, необхідно обчислювати із урахуванням їхнього плодоношення та фактичної врожайності плодово-ягідних культур, що, у свою чергу, залежить від віку і пороодно-сортового складу багаторічних насаджень, розміщених в межах земельної ділянки тощо.

До виробничих витрат, оцінюваних за ринковими цінами, належать: технологічні витрати на одержання сільськогосподарської продукції (включаючи загальногосподарські витрати), витрати на первинне перероблення, витрати на реалізацію. Технологічні витрати на 1 га вирощування сільськогосподарських культур на ґрунтах із різною врожайністю треба визначати за типовими технологічними картами з прив'язкою до конкретної земельної ділянки або аналізом середніх багаторічних даних щодо їхнього рівня, який склався в районі розташування об'єкта оцінки.

Для сільськогосподарських підприємств загальногосподарські витрати у частині віднесення їх до даної земельної ділянки включають: витрати системи управління сільськогосподарським підприємством; витрати на утримання загальногосподарських служб і підрозділів. При віднесенні частки цих витрат до даної земельної ділянки їхню загальну суму потрібно розподіляти пропорційно до технологічних витрат або затрат праці на одержання сільськогосподарської продукції. Прибуток виробника (підприємницький прибуток) доцільно визначати як відсоток загальних витрат або очікуваного доходу від продукції, одержаної на земельній ділянці (Методичні основи..., 2007).

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: монографія / В.П. Патики, Н.А. Макаренко, І.І. Малярчук та ін.; під. ред. В. П. Патики. – К.: Основа, 2005. – 300 с.
2. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, С.Ю. Булигин, В.Г. Деревянко и др.; под ред. В.В. Медведева. – К.: Аграрная наука, 1997. – 163 с.
3. Алексеев Ю.В. Взаимовлияние растений при поглощении зольных элементов из почвы / Ю.В. Алексеев, Н.И. Вялушкина // Доклады РАСХН. – 2003. – № 2. – С. 5-7.
4. Алексеев Ю.В. Кадмий и цинк в растениях луговых фитоценозов. / Ю.В. Алексеев, И.П. Лепкович // Агрохимия. – 2003. – № 9. – С. 66-69.
5. Алексеев Ю.В. Поглощение кадмия злаковыми растениями из дерново-подзолистой и карбонатной почв / Ю.В Алексеев // Агрохимия.– 2003. – № 8. – С. 80-82.
6. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте / Ю.В. Алексеев. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. – 216 с.
7. Алексеенко В.А. Химические элементы в городских почвах / В.А. Алексеенко, А В. Алексеенко. – М.: Логос, 2014. – 312 с.
8. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко, А.В Алексеенко.– М.: Логос, 2000. – 627с.
9. Апарин Б.Ф. Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра: учеб. пособ. / Б.Ф. Апарин, А.В. Русаков, Д.С Булгаков. – СПб.: Изд-во СПб. у-та, 2002. – 88 с.
10. Балюк С.А. Класифікація зрошуваних ґрунтів України за ступенем засолення, солонцюватості та лужності / С.А. Балюк, О.А. Носоненко // Ґрунтознавство. – 2008. – Т. 9. – № 3-4. – С. 27-32.

11. Балюк С.А. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк, В.В. Медведєв, М.М. Мірошніченко та ін.// Український географічний журнал-2012. – №2. – С. 38-42.
12. Бахтин П.У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР / П.У. Бахтин. – М.: Колос, 1969. – 272 с.
13. Бацула О.О. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу у ґрунті / О. О. Бацула. – К.: Урожай, 1987. – 128 с.
14. Башнянин Г.І. Загальна економічна теорія. Спеціальна економічна теорія/ Г.І. Башнянин, П.Ю. Лазур, В.С. Медведєв. – К.: Ніка-Центр, 2002. – 527 с.
15. Бондарева О.Б. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив / О.Б. Бондарева, Л.І. Коноваленко, О.М. Мігула // Агроекологічний журнал. – 2012. – № 3. – С. 20-24.
16. Бонитировка почв в системе земельного кадастра: учеб. пособ. / Востокова Л.Б., Булгаков Д.С., Орешникова Н.В., Яковлев А.С; под ред. Шобы С.А., Яковлевой А.С. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 300 с.
17. Бонитировка почв: методические рекомендации / А.И. Серый, Н.А. Дубровина, В.В. Лапанова и др. – К.: УСХА, 1986. – 75 с.
18. Бонітування ґрунтів України. – у 2-х кн. – Кн. 1.: Шкали бонітування ґрунтів орних земель України. – К.: Ін-т землеустрою УААН, 1993. – 258 с.
19. Бонітування ґрунтів України. – у 2-х кн. – Кн. 2.: Шкали бонітування ґрунтів багаторічних плодових насаджень і природних кормових угідь. – К.: Ін-т землеустрою УААН. – 1993. – 500 с.
20. Воронин А.Д. Основы физики почв / А.Д. Воронин. – М.: Изд-во МГУ, 1986 – 246 с.
21. Горбатов В.С. Экологическая оценка пестицидов: источники и формы информации / В.С. Горбатов, Ю.М. Матвеев, Т.В. Кононова // Агро-XXI. – 2008. – № 1-3. – С.7-9.

22. Госпадаренко Г.М. Агрохімія / Г.М. Госпадаренко. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2010. – 400 с.
23. Госпадаренко Г.М. Система застосування добрив / Г.М. Госпадаренко. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2015 – 332 с.
24. Гринченко Т.А. Комплексная оценка эволюции плодородия почв и степени их окультуренности при длительном воздействии мелиорации и удобрений / Т.А. Гринченко, А.А. Егоршин // Агрохимия. – 1984. – № 11. – С. 45-53.
25. Гришко В.М. Важкі метали: надходження у ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека /В.М. Гришко, Д.В. Сашиков, Піскова О.М. та ін. – Донецьк: «Донбас», 2012. – 304 с.
26. Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості: ДСТУ 3866-99. – [Чинний від 2000-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1999. – 25 с. – (Національний стандарт України).
27. Ґрунтознавство с основами геології: підручник / І.І. Назаренко, С.М. Польчина, Ю.М. Дмитрук [та ін.] – Чернівці: Книги-XXI, 2006. – 504 с.
28. Добровольский Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: МГУ, 2006 – 364 с.
29. Екологічні ризики забруднення сільськогосподарської продукції непридатними пестицидами / І.М. Городиська, В.В. Монарх, Т.О. Моклячук та ін. // Збалансоване природокористування. – 2013. – № 4. – С. 17-22.
30. Заяць В.М. Оцінка земель підприємств агропромислового комплексу на сучасному етапі / В.М. Заяць // Економіка сільського господарства. – 2004. – № 2. – С. 19-22.
31. Земельний кодекс України [Електронний ресурс]: закон України № 2768-III від 25.10.2001; станом на 18.12.2017. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

32. Иванов В.Д. Оценка почв: учеб. пособ. / В.Д. Иванов, Е.В. Кузнецова. – Воронеж: ФГУ ВПО ВГАУ, 2004. – 287 с.
33. Исаев А.А. Экологическая климатология / А.А. Исаев. – М.: Научный мир, 2003. – 470с.
34. Иванов Є.А. Радіоекологічні дослідження: навч. посіб. / Є.А. Иванов. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с.
35. Индекс інфляції [Електронний ресурс] // Финансовый портал «Минфин». – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: <http://minfin.com.ua/economy/index/inflation>. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.
36. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. ВНД 33-5.5-11-02 / уклад. С.А. Балюк, В.Я. Ладних, Г.В. Новікова та ін. – К.: Державний комітет України по водному господарству, 2002 – 40 с.
37. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія / Г.О. Іутинська. – К.: Арістей, 2006. – 284 с.
38. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 440 с.
39. Касимов Н.С. Геохимия ландшафта / Н.С. Касимов, А.И. Перельман, – М.: МГУ, 1999. – 610 с.
40. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 191 с.
41. Качинский Н.А. Физика почвы / Н.А.Качинский. – в 2-х ч. – Ч. 1. – М. : Изд-во: Высшая школа, 1965. – 323 с.
42. Корсак К.В. Основи сучасної екології: навч. посіб. / К.В. Корсак, О.В. Плахотнік. – К.: МАУП, 2004. – 340 с.
43. Кузьмичов В.П. Головні принципи бонітування ґрунтів / В.П. Кузьмичов // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1969. – Вип. 8. – С. 3-26.
44. Кузьмичов В.П. Еродовані ґрунти України та їх продуктивність / В.П. Кузьмичов // Агрохімія і ґрунтознавство. – 1970. – Вип. 14. – С. 3-30.

45. Кулаковская Т.Н. Роль химизации в решении проблемы расширенного воспроизводства почвы / Т.Н. Кулаковская // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1983. – № 10. – С. 37-46.

46. Кушнір В.С. Механізм утворення земельної ренти і ціни землі на основі граничних показників / В.С. Кушнір // Економіка АПК. – 2007. – № 3. – С. 22-29.

47. Лактионова Т.Н. О существовании закономерных связей между гидрофизическими и общими физическими свойствами почв / Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, О.М. Бигун, С.М. Шейко // Агрохімія та ґрунтознавство. – 2007. – Вип. 67. – С. 42-53.

48. Мартин А.Г. Актуалізація показників нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення / А.Г. Мартин // Землевпорядний вісник. – 2011. – № 6. – С. 32-38.

49. Мартин А.Г. Оновлення методичних засад нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення / А.Г. Мартин // Землеустрій і кадастр. – 2013. – № 30. – С. 30-51.

50. Медведев В.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины / В.В. Медведев, И.В. Плиско. – Харьков: Изд-во «13 типография», 2006. – 385 с.

51. Медведев В.В. Водные свойства Украины почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Л.В. Донцова. – Харьков: Апостроф, 2011. – 224 с.

52. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины / В.В. Медведев. – Харьков: Антиква, 2002. – 428 с.

53. Медведев В.В. Оптимизация физических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988 – 160 с.

54. Медведев В.В. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты) / В.В. Медведев, Т.Е. Лындина, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Изд-во «13 типография», 2004. – 244 с

55. Медведев В.В. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Изд-во «13 типография», 2007. – 395 с.

56. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) / В.В. Медведев. – Харьков: Изд-во «13 типография», 2008. – 406 с.

57. Медведев В.В. Физическая деградація черноземов. Діагностика. Причини. Следствия. Предупреждение / В.В. Медведев. – Харьков: Изд-во «Городская типография», 2013. – 324 с.

58. Методика бонитировки почв Украины / Л.Я. Новаковський, А.П. Канаш, А.В. Деревіцький [и др.]. – К.: Изд-во Ин-та землеустройства, 1992. – 102 с.

59. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. – К., 2013. – 104 с.

60. Методические рекомендации по проведению бонитировки почв / уклад. Л.Я. Новаковський, Д.С. Добряк, А.П. Канаш, Н.А. Розумный. – К.: УААН, 1993. – 96 с.

61. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: навч. посіб. / Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г. Лихогруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палех. – К.: Профі, 2007. – 624 с.

62. Методичні рекомендації з експертної грошової оцінки земельних ділянок [Електронний ресурс]: наказ Держкомзему від 12.11.1998 р. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: http://www.uazakon.com/documents/date_3f/pg_gnclsk.htm. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

63. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство / А.Г. Муравьев, Б.Б. Каррыев, А.Р. Ляндзберг; под ред. А.Г. Муравьева. – СПб.: Крисмас+, 2008. – 216 с.

64. Надточій П.П. Екологія ґрунту: монографія / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, Ф.В. Вольвач. – Житомир: Рута, 2010. – 473 с.
65. Накопление тяжелых металлов в организме кроликов, находящихся в районе загрязнения атмосферного воздуха выбросами цементного производства / Б. Никифоров, М. Агирова, С. Младенова, Й. Калпазанов // Гигиена и санитария. – 1979. – №4. – С. 58-62.
66. Новикова А.В. Оценка влияния импульверизации солей на осолонцевание почв Причерноморья / А.В.Новикова // Почвоведение. – 2009. – № 12. – С.1421-1431.
67. Нормативна та експертна грошова оцінка землі // Нормативно-правові акти, коментар і роз'яснення / під ред. М.С. Головатюка. – К.: Видавець Поливода А. В., 2007.– 332 с.
68. Овчинникова М.Ф. Химия гербицидов в почве / М.Ф. Овчинникова. – М.: МГУ, 1987. – 109 с.
69. Основи екології: підруч. / В.Г. Бардов, В.І. Федоренко, Е.М. Білецька [та ін.]; за ред. В.Г. Бардова, В.І. Федоренко. – Вінниця: Нова книга, 2013. – 424 с.
70. Оцінка земель: навч. посіб. / М.Г. Ступень, Р.Й. Гулько, І.Р. Залуцький [та ін.]; за заг. ред. М.Г. Ступеня. – Львів: Новий світ-2000, 2006. – 308 с.
71. Перелигин В.П. Гигиена почвы и санитарная очистка населенных мест / В.П. Перелигин, В.В. Разнощик. – М.: Медицина, 1977. – 198 с.
72. Перович Л.М. Кадастр нерухомості : монографія / Л.М. Перович, Л.Л. Перович, Ю.П. Губар. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2003. – 120 с.
73. Перович Л.М. Оцінка нерухомості: навч. посіб / Л.М. Перович, Ю.П. Губар. – Львів: вид-во Львівська політехніка, 2010. – 296 с.
74. Письменний О.В. Вплив властивостей чорноземних та каштанових ґрунтів Степу України на їх протидефляційну стійкість / О.В. Письменний //

Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2008. – Вип. 3(46). – Т. 2. – С. 179–184.

75. Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких законодавчих актів України щодо забезпечення збалансованості бюджетних надходжень у 2017 році [Електронний ресурс]: закон України № 1791, від 20.12.2016. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1791-19/>. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

76. Про експертну грошову оцінку земельних ділянок [Електронний ресурс]: постанова Кабінету Міністрів України № 1531 від 11.10.2002; станом на 16.11.2011. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002-п>. – Дата звернення 25 грудня 2017. – Назва з екрана.

77. Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення [Електронний ресурс]: постанова Кабінету міністрів України № 831 від 16.11 2016. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/831-2016-п>. – Дата звернення 25 грудня 2017. – Назва з екрана.

78. Про оцінку земель [Електронний ресурс]: закон України № 1378-IV від 11.12.2003; станом на 28.06.2015. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1378-15>. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

79. Про оцінку майна, майнових прав і професійну оціночну діяльність в Україні [Електронний ресурс]: закон України № 2658-III від 12.07.2001 ; станом на 16.01.2016. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2658-14>. – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

80. Проданчук М.Г. Методологічні підходи до оперативної екогігієнічної оцінки асортименту та обсягів застосування пестицидів в

сільському господарстві України / М.Г. Проданчук, В.І. Великий, Ю.А. Кучак // Довкілля та здоров'я. – 2003. – № 1. – С. 75–78.

81. Радионовская Я.Э. Оценка экологического риска применения пестицидов при защите виноградных насаждений Украины от вредных организмов / Я.Э. Радионовская// Виноградарство и виноделие. – 2012. – С.36-42

82. Романчук Л.Д. Особливості накопичення ^{137}Cs в ґрунтах північної частини України / Л.Д. Романчук, І.Д. Іванюк // Агробіологія. – 2012. – Вип. 7 (91). – С. 21–23.

83. Світличний О.О. Основи ерозієзнавства: підруч. для студ. ВНЗ / О.О. Світличний, С.Г. Чорний. – Суми: Університетська книга, 2007. –265 с.

84. Серый А.И. Современные методы бонитировки почв в УССР: обзорная информация / А.И. Серый, Н.А. Оголепко. – К.: УкрНИИНТИ, 1987. – 36 с. – (Серия 31.1. Земледелие, агрономия, сельскохозяйственная мелиорация).

85. Сидорко В. П. Зародження землевпорядної науки [Електронний ресурс] / В.П. Сидорко. // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2013. – Вип. 108.1. – Електрон. текст. дан. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_1_108_57 . – Дата останнього доступу 25.12.2017. – Назва з екрана.

86. Сметник А.А. Миграция пестицидов в почвах / А.А Сметник, Ю.Я. Спиридонов, Е. В. Шеин. – М.: РАСХН-ВНИИФ, 2005. –327 с.

87. Соболев С. С. Бонитировка почв / С.С Соболев., Н.А.Полянский. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1965. – 414 с.

88. Справочник по почвозащитному земледелию/ И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевская, В.М. Москаленко [и др.]; под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 278 с.

89. Теорія і практика ґрунтоохоронного моніторингу/ за ред. М.М. Мірошниченка. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. – 384 с.

90. Трусковецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р.С. Трусковецький. – Харків: ППВ «Нове слово», 2003. – 224 с.
91. Філософський словник / за ред. В.І. Шинкарука. – К.: Голов. ред. УРЕ, 1986. – 800 с.
92. Черный С.Г. К вопросу определения допустимой нормы эрозии / С.Г. Черный, Н.В. Поляшенко // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія географічні науки. – 2016. – Вип. 3. – С.42-50.
93. Якість ґрунтів. Показники родючості: ДСТУ 4362 2004. – [Чинний від 2004-09-12]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 20 с. – (Національний стандарт України).
94. Якість ґрунту. Паспорт ґрунтів: ДСТУ 4288 2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 12 с. – (Національний стандарт України).
95. Якість ґрунту. Словник термінів. Частина 1. Забруднення та охорона ґрунтів (ISO 11074-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 11074-1:2004. – [Чинний від 2004-10-05]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 20 с. – (Національний стандарт України).
96. Allan D.L. SSSA Statement on soil quality / D.L. Allan, D.C. Adriano, D.F. Bezdicsek et al // Agronomy News. – Madison: ASA, 1995. – June. – p.7.
97. Andrews S.S. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California/ S.S. Andrews, D.L. Karlen, J.P. Mitchell // Agric. Ecosyst. Environ. – 2002. – № 90. – P. 25-45.
98. Andrews S.S. Designing a soil quality assessment tool for sustainable agro ecosystem management / S.S. Andrews, C.R. Carroll // Ecol. Appl. – 2001. – № 11. – P. 1573-1585.
99. Andrews S.S. The Soil Management Assessment Framework: A quantitative soil quality evaluation method / S.S. Andrews, D.L. Karlen, C. Cambardella // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2004. – № 68. – P. 1945-1962.
100. Apesteguia M. Tillage effectson soil qualityafter three years of irrigation in Northern Spain [Electronic resource] / M. Apesteguia, I. Virto, L.

Orcarayetal // Sustainability. – 2017. –№ 8 (9). – P. 1476. – Access mode: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/8/1476>. – Last Accessed: 24.12.2017. – Title from the screen.

101. Arshad M.A. Physical Tests for Monitoring Soil Quality / M.A. Arshad, B. Lowery, B. Grossman // Methods for assessing soil quality / J.W. Doran, A. J. Jones ed. – Madison, 1996. – P. 123-141.

102. Biederbeck V.O. Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure / V.O. Biederbeck, V. Rasiah, C.A. Campbell et al // Soil Biol. Biochem. – 1998. – № 332. – P. 1177-1185.

103. Blum W.E.H. Functions of Soil for Society and the Environment/ W.E.H. Blum // Reviews in Environmental Science and Biotechnology. – 2005. – Vol. 4. – № 3. –P.75-79.

104. Bolinder M.A. The response of soil quality indicators to conservation management / M.A. Bolinder, D.A. Angers, E.G. Gregorich, M.R. Carter // Can. J. Soil Sci. – 1999. – № 79– Pp. 37-45.

105. Cabrera M.J. Modeling the nitrogen cycle / M. Cabrera, J.-A.Molina, M. Vigil // Nitrogen in Agricultural Systems. Agronomy: monograph / eds. J.S. Schepers, W.R. Raun; ASA, CSSA, SSSR. American Society of Agronomy – Madison, 2008. – Pp. 695-730.

106. Cambardella C.A. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence / C.A. Cambardella, E.T. Elliot // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1992 – № 56. – P. 777-783.

107. Dick R.P. Soil Enzyme Activity as an Indicator of Soil Quality / R.P. Dick // Defining soil quality for a sustainable environment / eds. J. W. Doran et al. – Madison, 1994. – P. 107-124.

108. Doll E.C. Use of soil parameters in the evaluation of reclamation success in North Dakota. Bridging the gap between sciences, regulation, and the surface mining operation / E.C. Doll, N.C. Wollenhaupt // ASSMR Second Annual Meeting. – Denver, 1985. – P. 91-94.

109. Doran J.W. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set / J.W. Doran, T.B. Parkin. // *Methods for Assessing Soil Quality* / eds. J.W. Doran, A.J. Jones. – Madison: SSSA, Inc., 1996. – P. 25-38.
110. Duan X. Study on the method of soil productivity assessment in northeast black soil regions of China / X. Duan, Y. Xie, Y. J. Fen // *Scientia Agriculturae Sinica*. – 2009. – № 42 (5). – P. 1656-1664.
111. Duan X., Soil loss tolerance in the black soil region of Northeast China / X. Duan, Y. Xie, B. Liu et al. // *J. Geogr. Sci.* – 2012. – № 22(4). – P. 737-751.
112. Edwards C.A. *Biology and Ecology of Earthworms* / C.A. Edwards, C.I. Bohlen. – Springer Science&Business Media, – 1996. – P. 426.
113. European Commission. Environment. Soil. Thematic Strategy for Soil Protection. [Electronic resource]. – Access mode: http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm. – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.
114. European Commission's. Joint Research Centre. [Electronic resource]. Access mode: http://en.wikipedia.org/wiki/Soil_quality. – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen,
115. Gregorich E.G. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils / E.G. Gregorich, M.R. Carter, D.A. Angers et al. // *Can. J. Soil Sci.* – 1994. – № 74. – P. 367-385.
116. Gunnarsson O. Heavy Metals in Fertilizers-Do they Cause Environmental and Health problems? / O. Gunnarsson // *Fertilizers and Agriculture*. – 1983. – № 37 (85). – P. 27-42.
117. Hubbard V.C. Earthworm response to rotation and tillage in a Missouri claypan soil / V.C. Hubbard, D. Jordan, J.A. Stecker // *Biol. Fertil. Soils*. – 1999. – № 29. – P. 343–347.
118. Identification and development of a set of national indicators for soil quality, Environment Agency, RandD Project Report P5-053/PR/02 [Electronic resource] / eds. P.J. Loveland, T.R.E. Thompson. – SSLRC, 2002, – P. 170. –

Access mode: [http:// www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk). – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.

119. Iñigosa V. Soil Degradation and Soil Quality in Western Europe: Current Situation and Future Perspectives / Virto Iñigo, María José Imaz, Oihane Fernández-Ugalde et al. // Sustainability. – 2015. – № 7. – P. 313-365

120. Jolivet C. Le Réseau de mesures de la Qualité des sols de France (RmQs). Etat d'avancement et premiers résultats / C. Jolivet, D. Arrouays, L. Boulonne et al. // Etude et Gestion des Sols. – 2006. – V.13. – № 3. – P. 149-164.

121. Jolivet C. Manuel du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols / C. Jolivet, L. Boulonne, C. Ratié. – Orléans: Unité InfoSol, INRA, 2006. – 190 p.

122. Karlen D. Soil quality assessment: past, present and future / D. Karlen, S. Andrews, B. Wienhold, T. Zobeck // Journal of integrated biosciences. – 2008. – № 6 (1). – P. 3-14.

123. Karlen D.L. Soil quality response to long-term tillage and crop rotation practices / D.L. Karlen, C.A. Cambardella, J.L. Kovar, T.S. Colvin // Soil Tillage Res. – 2013. – № 133. – P. 54-64.

124. Karlen D.L. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation / D. L. Karlen, J.W. Mausbach, R G. Doran et al // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1997. – № 61. – P.4-10.

125. Karlen D.L. Surface soil quality in five Midwestern cropland Conservation Effects Assessment Project watersheds / D.L. Karlen, D.E. Stott, C.A. Cambardella et al // J. Soil Water Conserv. – 2014. – № 69. – P. 393-401.

126. Kinyangi J. Soil health and soil quality: a review [Electronic resource] / J. Kinyangi. – Access mode: [http:// worldaginfo.org/files/Soil%20Health%20Review.pdf](http://worldaginfo.org/files/Soil%20Health%20Review.pdf). – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.

127. Lucas S.T. Can a labile carbon test be used to predict crop responses to improve soil organic matter management? / S.T. Lucas, R.R. Weil // Agronomy Journal. – 2012. – № 104. – P.1160-1170.

128. Martinez-Salgado M. Biological soil quality indicators : a review / M. Martinez-Salgado, V. Gutiurrez-Romero, M. Jannsens, R. Ortega-Blu // Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. – 2010. – P. 319-328.

129. Mulengeraa M.K. Modification of the productivity index model / M.K. Mulengeraa, R.W. Payton // Soil and Tillage Research. – 1999. – № 52. – P. 11-19.

130. Natural Resources Conservation Service of United States. Department of Agriculture. Soil quality for environmental [Electronic resource]. – Access mode: [http:// http://soilquality.org/basics/definitions.html](http://soilquality.org/basics/definitions.html). – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.

131. Pankhurst C.E. Biological Indicators of Soil Health / C.E. Pankhurst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta // Biological of soil health / eds. C. Pankhurst, B.M. Doube, V.V.S.R. Gupta. – 1997.– P 435-449.

132. Pierce F.J. Developing criteria to evaluate sustainable land management / F.J. Pierce, W.E. Larson // Proceedings of the 8th International Soil Management Workshop: Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use / eds. J. M. Kimble. – Lincoln: USDA SCS, National Soil Survey Center, 1993. – P. 7-14.

133. Pierce F.J. Soil loss tolerance: Maintenance of long-term soil productivity / F.J. Pierce, W.E. Larson, R.H. Dowdy // Journal of Soil and Water Conservation. – 1984. – № 39 (2). – P. 136-138.

134. Richter D.D. Long-term soil experiments: keys to managing Earth's rapidly changing ecosystems / D.D. Richter, M. Hofmockel, M.A. Callahan et al //Soil Sci. Soc Am J. 2007. – №71. – P. 266-279.

135. Rinnan R. Fifteen years of climate change manipulation Salter soil microbial communities in a subarctic heath ecosystem / R. Rinnan, A. Michelsen, E. Baath, E. Jonasson // Glob. Change Biol.–2007. – № 13. – P. 28-39.

136. Schiefera J. Indicators for the definition of land quality as a basis for the sustainable intensification of agricultural production International / J.

Schiefera, G. J. Laira, E. H. B. Winfried // Soil and Water Conservation Research. – 2015. – №3. – Pp. 42-49.

137. Schlotera M. Indicators for evaluating soil quality / M. Schlotera, O. Dillyb, J. C. Munch // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2003.– № 98. – P. 255–262.

138. Schoeneberger P.J. Field Book for Describing and Sampling Soils, Version 2.0. / P.J. Schoeneberger; eds. D.A. Wysocki, E.C. Benham, W.D. Broderson ; Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center. – Lincoln: NE, 2002. – 312 p.

139. Seybold C.A. Quantification of soil quality / C.A. Seybold, M.J. Mausbach, D.L. Karlen, H.H. Rogers // Soil Processes and the Carbon Cycle / eds. R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett, B.A. Stewart. – Boca Raton: CRC Press, 1998. – P. 387-404.

140. Smith J.L. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis / J.L. Smith, J.W. Doran // Methods for assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Journal, SSSA. – 1996. – № 49. – P. 169-182.

141. Soil quality for envelopment health. Soil Quality Basics [Electronic resource]. – Access mode: <http://soilquality.org/home.html>. – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.

142. Stiles C.A. Validation testing of a portable kit for measuring an active soil carbon fraction / C.A. Stiles, R. D. Hammer, M.G. Johnson et al // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2011. – № 75. – P. 2330-2340.

143. Stott D.E. Soil quality and metabolic activity assessment after fifty-seven years of agricultural management / D.E. Stott, D.L. Karlen, C.A. Cambardella, R.D. Harmel // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2013. – № 77. – P. 903-913.

144. The development and use of soil quality indicators for assessing the role of soil in environmental interactions. Science Report SC030265. – Bristol: Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, 2006. – 241 p.

145. The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR): Ein einfaches Verfahren zur Bewertung der Eignung von Boeden als Farmland / L. Mueller, U. Schindler, A. Behrendt et al // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.– 2007. –№ 110 (2). – P. 515–516.

146. The state of the soils in France in 2011, a synthesis – [Electronic resource]. – Access mode: [http:// http://www.gissol.fr/rapports/synthesis_HD.pdf](http://www.gissol.fr/rapports/synthesis_HD.pdf). – Last accessed: 27.11.2017. – Title from the screen.

147. Toth G. Soil quality in EU / G. Toth // Threats to Soil Quality in Europe / eds. G. Tóth, L. Montanarella, E. Rusco. – 2008. – pp. 11-19.

148. Toth G. The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union / G. Toth, J. Arwyn, S. Montanarella // Environ. Monitoring Assess. – 2013. – № 185. – P. 7409–7425.

149. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Handbook, title 430-VI. Soil Properties and Qualities (Part 618), Available Water Capacity (618.05). 2005 [Electronic resource]. – Access mode: <http://soils.usda.gov/technical/handbook/> – Last accessed: 20.09.2017. – Title from the screen.

150. Van-Camp L. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection [Electronic resource] / L. Van-Camp, B. Bujarrabal, A-R. Gentile at al. – Luxembourg: EUR 21319 EN/2. Office for Official Publications of the European Communities. – 872 p. – Access mode: [http:// http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/vol2.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/soil/pdf/vol2.pdf). – Last accessed: 27.12.2017. – Title from the screen.

151. Wienhold B.J. Protocol for Soil Management Assessment Framework (SMAF) soil indicator scoring curve development / B.J. Wienhold, D.L. Karlen, S.S. Andrews, D.E. Stott // Renew. Agric. Food Syst. – 2009. – № 24. – P.260–266.

152. Zornoza R. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health

[Electronic resource] / R. Zornoza, J.A. Acosta, F. Bastida et al // Soil – 2015. – № 1. – P. 173-185. – Access mode: www.soil-journal.net/1/173/2015 – Last accessed: 25.12. 2017. – Title from the screen.