Міністерство освіти і науки України
Одеський державний аграрний університет

Михайлюк В. І.

ПРАКТИКУМ З МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



Одеса — 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський державний аграрний університет

Михайлюк В. І.

ПРАКТИКУМ З МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Одеса – 2026

УДК 332.3:502.3/.7(075.8)
М 69

Рецензенти:
д-р геогр. наук, проф. *В. В. Яворська*
(Одеський національний університет імені І. І. Мечникова);
канд. геогр. наук, доц. *А. О. Буяновський*
(Одеський національний університет імені І. І. Мечникова);
канд. екон. наук, доц. *Т. В. Мовчан*
(Одеський державний аграрний університет)

Рекомендовано до друку вченою радою Одеського державного аграрного університету: протокол № 10 від 2 липня 2026 року.

Михайлюк В. І.
М 69 Практикум з моніторингу земель : навчальний посібник. Одеса : ОДАУ, 2026. 127 с. Електронне видання.

У посібнику розглянуто показники моніторингу ґрунтів і земель, підходи до інтерпретації даних спостережень за станом ґрунтів, зокрема оцінювання фізичних і хімічних властивостей, рівня забруднення та показників родючості. Посібник містить теми самостійної роботи, спрямовані на формування навичок аналізу моніторингових даних, оцінювання екологічного стану земель і розроблення рекомендацій щодо їх раціонального використання та охорони.

Посібник призначений для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G18 «Геодезія та землеустрій» і студентів природничих факультетів закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації.

Іл. 2 Табл. 71 Бібліогр. 14 назв

УДК 332.3:502.3/.7(075.8)

© Михайлюк В. І.
© Одеський державний аграрний університет

ЗМІСТ

		С.
	Вступ ……	5
1.	Показники моніторингу земель і ґрунтів ……..	6
1.1.	Основні групи показників оцінювання стану та родючості ґрунтів ..	6
1.2.	Показники проведення моніторингу земель і ґрунтів в Україні	10
2.	Інтерпретація даних моніторингу ґрунтів земель сільськогосподарського призначення …….....	18
2.1.	Інтерпретація гранулометричного складу ґрунтів за вітчизняними класифікаціями ……	18
2.2.	Визначення текстури ґрунту (гранулометричного складу) відповідно до міжнародної класифікації ґрунтів …….	25
2.3.	Оцінка загальних фізичних властивостей ґрунтів ……...	28
2.4.	Оцінювання структурного стану ґрунтів ……..	32
2.5.	Оцінювання кислотності та лужності ґрунтів …….....	33
2.6.	Визначення ступеня насиченості ґрунтів основами ……	38
2.7.	Визначення ступеня солонцюватості ґрунтів ……...	39
2.8.	Регулювання кислотно-основних властивостей і складу вбирних катіонів …….	41
2.9.	Оцінка ролі природного вапна у ґрунті ……	48
2.10.	Визначення ступеня засолення ґрунтів …….	48
2.11.	Визначення ступеня засолення ґрунтів на підставі розрахунку токсичних солей ……..	50
2.12.	Оцінка продуктивності засолених ґрунтів ……	54
2.13.	Оцінка гумусового стану ґрунтів ……...	56
2.14.	Оцінювання забезпеченості ґрунтів доступними елементами живлення …….	57
3.	Оцінка рівня забруднення ґрунтів …….	64
3.1.	Нормативні засади оцінювання хімічного забруднення ґрунтів ……	65
3.2.	Оцінювання забруднення ґрунтів за нормативами гранично допустимих концентрацій (ГДК) ……...	66

3.3. Оцінювання забруднення ґрунтів за орієнтовно допустимими концентраціями (ОДК) ……... 68
3.4. Оцінювання вмісту хімічних елементів у ґрунтах порівняно з фоновими значеннями …… 69
3.5. Оцінювання рівня забруднення ґрунтів за вмістом рухомих форм хімічних елементів відносно фонового рівня ……... 71
3.6. Комплексне оцінювання хімічного забруднення ґрунтів …… 73
4. Якісна оцінка ґрунтів …….. 76
4.1. Методика оцінки родючості ґрунтів поля за розрахунковою урожайністю зернових культур ……. 76
4.2. Визначення ресурсу родючості поля в зернових одиницях …… 80
4.3. Агроекологічне бонітування ґрунтів ……. 81
5. Оцінка ступеня деградації ґрунтів і земель …….. 88
5.1. Визначення екологічної стійкості земельних ресурсів ……..... 88
5.2. Оцінка ступеня деградації ґрунтів і земель …….. 89
5.3. Нормативно-правові та агроекологічні засади консервації деградованих …… 97
5.4. Оцінювання еродованості ґрунтів та ерозійної небезпеки …….. 99
6. Теми самостійної роботи …… 109
Література …… 121
Додаток ……. 122

Вступ

Моніторинг земель і ґрунтів сьогодні є одним із ключових елементів ефективного управління земельними ресурсами, що забезпечує своєчасне виявлення змін стану земель, оцінювання якості ґрунтів, впливу антропогенних і природних факторів на їх родючість та екологічну безпеку. У сучасних умовах, коли земельні ресурси України стають предметом активних економічних, екологічних і соціальних трансформацій, система моніторингу набуває особливої практичної та наукової значущості, оскільки вона створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері землекористування.

Актуальність організації моніторингу земель в Україні істотно посилилася в останні роки у зв'язку з негативними наслідками воєнних дій. Порушення ґрунтового покриву, забруднення важкими металами, нафтопродуктами та залишками боєприпасів формують нові виклики для оцінювання екологічного стану земель. У цих умовах моніторинг перестає бути лише інструментом періодичного спостереження і набуває значення механізму виявлення деградаційних процесів, оцінювання ризиків для агровиробництва та планування відновлювальних заходів.

Правові засади здійснення моніторингу та охорони земель визначаються насамперед Земельним кодексом України, який встановлює обов'язок держави щодо забезпечення охорони земель, запобігання їх деградації та організації системи спостережень за станом земельних ресурсів. Спеціальні положення щодо охорони ґрунтів, запобігання їх забрудненню та відтворення родючості також закріплені у Законі України «Про охорону земель». Одним із ключових нормативних актів є Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23 липня 2024 року № 848, який визначає механізм організації систематичних спостережень за всіма категоріями земель.

Відповідно до зазначеного порядку оцінювання стану земель і ґрунтів базується на комплексі показників, що охоплюють фізичні, хімічні, біологічні та екологічні характеристики. До них належать показники гранулометричного складу, щільності, структури та водного режиму ґрунтів, вмісту органічної речовини і поживних елементів, реакції середовища, засолення, солонцюватості, ступеня еродованості тощо. Правильна інтерпретація даних моніторингу земель має вирішальне значення для об'єктивного оцінювання стану земельних ресурсів, виявлення негативних змін і прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо їх використання та охорони.

Для здобувачів вищої освіти важливо сформувати комплексні навички аналізу моніторингових даних, оцінювання екологічного стану земель та підготовки обґрунтованих рекомендацій щодо їх раціонального використання й охорони.

РОЗДІЛ 1

ПОКАЗНИКИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ І ҐРУНТІВ

Моніторинг земель і ґрунтів передбачає систематичне отримання та аналіз інформації про стан земельних ресурсів, властивості ґрунтів, просторове розміщення об’єктів і зміни, що відбуваються під впливом природних процесів та господарської діяльності. Для характеристики цих змін використовують систему показників, які відображають різні аспекти стану земель і ґрунтів та дають змогу виявляти несприятливі тенденції, оцінювати їхній характер і масштаби, обґрунтовувати природоохоронні заходи й визначати потребу у відновленні порушених територій [8, 10, 11].

Склад показників залежить від об’єкта, мети та завдань моніторингу. Під час оцінювання стану ґрунтів визначають склад ґрунтів, їхні фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості, вміст забруднювачів, а також ознаки деградаційних процесів. Моніторинг земель охоплює ширше коло характеристик, зокрема площі та просторове розміщення земельних угідь, локалізацію порушених і деградованих земель, а також зміни їхнього стану й використання.

Інформація про земельні ресурси формується різними суб’єктами моніторингу в межах їхніх повноважень і напрямів діяльності. Вона може надходити за результатами польових обстежень і лабораторних досліджень, дистанційного зондування Землі, картографування та аналізу відомостей державних інформаційних систем. Поєднання цих джерел дає змогу оцінювати як властивості окремих ґрунтів, так і стан земельних ділянок і територій загалом.

Сам по собі результат вимірювання ще не є завершеною оцінкою стану земель або ґрунтів. Його інтерпретація передбачає врахування одиниць вимірювання, методу визначення, властивостей ґрунту, природних умов, просторової мінливості та змін показника в часі. Важливе значення мають також нормативні критерії оцінювання, фонові або контрольні значення та зіставність результатів, отриманих у різні періоди і різними методами.

У цьому розділі розглянуто основні групи показників стану та родючості ґрунтів, їх зміст і значення для діагностики хімічного забруднення та деградаційних процесів, а також показники моніторингу земель і ґрунтів, передбачені нормативно-правовими актами України.

1.1. Основні групи показників оцінювання стану та родючості ґрунтів

Для оцінювання стану ґрунтів під час моніторингу використовують показники, які характеризують їхні хімічні, фізико-хімічні, фізичні, біологічні та агрохімічні властивості. За результатами визначення цих

показників оцінюють забруднення ґрунтів, виявляють ознаки деградаційних процесів, визначають зміни властивостей ґрунтів і рівень їхньої родючості.

Залежно від завдань моніторингу показники можна об'єднати в три основні групи: показники забруднення ґрунтів; показники діагностики деградаційних процесів; показники родючості ґрунтів. Окремі показники можуть використовуватися для оцінювання кількох характеристик одночасно. Наприклад, реакція середовища впливає на оцінювання хімічного стану ґрунту, рухомість хімічних елементів і забезпеченість рослин елементами живлення.

Показники оцінювання хімічного забруднення ґрунтів

Для оцінювання хімічного забруднення ґрунтів використовують прямі показники, які характеризують вміст забруднювальних речовин, та непрямі показники, що відображають властивості ґрунту, від яких залежать поведінка цих речовин і потенційна стійкість ґрунту до забруднення.

А. Прямі показники хімічного забруднення ґрунтів

До цієї групи належать показники вмісту хімічних елементів та інших забруднювальних речовин у ґрунті. Залежно від мети дослідження, властивостей речовини та застосованої методики визначають різні форми її вмісту.

1) показники вмісту рухомих форм хімічних елементів.

Під час моніторингу ґрунтів визначають вміст хімічних елементів у формах, що відрізняються за розчинністю, здатністю до міграції та потенційною доступністю для живих організмів. Для їх визначення застосовують методи екстрагування, які передбачають оброблення ґрунту водою або спеціальними розчинами. Отримані результати характеризують не весь вміст відповідного елемента в ґрунті, а ту його частину, яка переходить у витяжку за певних умов дослідження.

Залежно від застосованого екстрагента та методики визначення розрізняють **водорозчинні сполуки** та **рухомі сполуки**, що вилучаються з ґрунту спеціальними розчинами. Наприклад, водна витяжка дає змогу визначити вміст водорозчинних сполук фтору. Для визначення рухомих сполук окремих важких металів застосовують буферну амонійно-ацетатну витяжку з pH 4,8 відповідно до серії стандартів ДСТУ 4770. Інші методики передбачають екстрагування однонормальним розчином соляної кислоти (1N HCl). Зокрема, ДСТУ 7607:2014, ДСТУ 7831:2015, ДСТУ 7832:2015, ДСТУ 7852:2015 і ДСТУ 7853:2015 регламентують визначення рухомих сполук відповідно кадмію, міді, свинцю, нікелю та цинку в такій витяжці. Ці методи можуть вилучати не лише найбільш рухомі сполуки, а й частину сполук, міцніше зв’язаних із компонентами ґрунту. Тому результати, отримані різними методами екстрагування, не завжди можна безпосередньо порівнювати.

Для визначення доступних рослинам форм цинку, міді, заліза та марганцю також застосовують екстрагування розчином DTPA (діетилентриамінпентаоцтової кислоти), яка утворює комплекси з іонами металів. Рухомі сполуки бору визначають методом екстрагування гарячою водою. Вибір методики залежить від хімічного елемента, властивостей ґрунту та мети дослідження.

Вміст рухомих форм хімічних елементів використовують для оцінювання їхньої потенційної здатності переходити з ґрунту в рослини, ґрунтові води та інші компоненти довкілля. Однак результати екстрагування не є прямим показником фактичного поглинання елементів рослинами. Їхня рухомість і доступність залежать від хімічної форми елемента, властивостей ґрунту та умов середовища. Отже, під час моніторингу необхідно враховувати конкретну методику визначення, а результати різних методів не ототожнювати без відповідного обґрунтування.

2) показники валового вмісту хімічних елементів у ґрунті

Валовий вміст хімічного елемента характеризує його загальну кількість у ґрунті незалежно від хімічної форми та ступеня зв'язку з компонентами твердої фази. Для визначення **істинного валового вмісту** необхідно забезпечити повне розкладання ґрунту, зокрема силікатних мінералів, у яких можуть міститися хімічні елементи. Для цього застосовують відповідні методи кислотного розкладання або сплавлення проб, а також інструментальні методи, що дають змогу визначати елементний склад без повного хімічного розкладання.

У практиці ґрунтових досліджень для визначення вмісту хімічних елементів (кадмію, хрому, кобальту, купруму, плюмбуму, мангану, нікелю та цинку) широко застосовують екстрагування ґрунту царською горілкою – сумішшю концентрованих хлоридної та нітратної кислот (ДСТУ ISO 11047:2005, який є тотожним ISO 11047:1998). Цей реагент розчиняє значну частину сполук багатьох металів, проте зазвичай не забезпечує повного розкладання силікатних мінералів. Тому отриманий результат не завжди відповідає істинному валовому вмісту. У міжнародній аналітичній практиці його часто характеризують як **псевдоваловий вміст** або вміст, екстрагований царською горілкою (aqua regia-extractable content).

Водночас у нормативних документах України для результатів визначення вмісту окремих хімічних елементів у витяжці царської горілки використовують термін «валовий вміст». Зокрема, у гігієнічних регламентах, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 2021 року № 1325, наведено нормативи валового вмісту окремих елементів із посиланнями на стандарт, що передбачає їх визначення в такій витяжці [6]. Отже, під час оцінювання відповідності ґрунтів установленим нормативам необхідно враховувати не лише назву показника, а й методику, за якою його визначено.

Валовий або псевдоваловий вміст хімічних елементів використовують для характеристики їх загального накопичення в ґрунті та оцінювання можливого забруднення. Однак сам по собі цей показник не визначає рухомість елемента, його доступність для рослин або фактичний ступінь екологічного впливу. Ці властивості залежать від хімічної форми елемента, мінерального складу ґрунту і вмісту органічної речовини, реакції середовища та інших ґрунтових умов.

Таким чином, під час моніторингу необхідно розрізняти істинний валовий вміст і вміст, визначений методом неповного кислотного розкладання. Результати різних методів можна безпосередньо порівнювати лише за умови їхньої методичної зіставності. При використанні нормативів також слід дотримуватися саме тієї методики визначення, для якої встановлено відповідні гранично допустимі концентрації.

3) показники вмісту так званих «міцнофіксованих форм хімічних елементів»

В українській практиці ґрунтово-екологічних досліджень для характеристики вмісту окремих хімічних елементів застосовують термін «міцнофіксовані форми». Зокрема, МВВ 31-497058-016-2003 «Ґрунти. Визначення вмісту міцнофіксованих форм важких металів (Co, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) у ґрунті у хлористоводневій (1N HCl) витяжці на атомно-абсорбційному спектрофотометрі» передбачає визначення цих елементів у солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Водночас термінологія нормативних документів України не є цілком узгодженою. Так, наведені у попередньому пункті ДСТУ 7607:2014, ДСТУ 7831:2015, ДСТУ 7832:2015, ДСТУ 7852:2015 і ДСТУ 7853:2015 регламентують визначення кадмію, міді, свинцю, нікелю та цинку в однонормальній солянокислій витяжці, але відповідні показники названо вмістом «рухомих сполук».

Така сама назва – рухомі форми важких металів, екстраговані 1N HCl, – зустрічається в наукових публікаціях, в яких наводяться гранично-допустимі концентрації рухомих форм важких металів, екстраговані солянокислою витяжкою (див. табл. 38).

Тому термін «міцнофіксовані форми» доцільно вживати саме в контексті відповідної *методики виконання вимірювання* (МВВ). Не слід автоматично ототожнювати цей показник із рухомими сполуками, визначеними за іншими стандартами, або з валовим вмістом елементів. Для зіставлення результатів необхідно враховувати умови пробопідготовки та екстрагування, установлені відповідними методиками.

Б. Непрямі показники стану ґрунтів, пов’язані з оцінюванням хімічного забруднення

До цієї групи належать показники властивостей ґрунту, які впливають на поведінку забруднювальних речовин, їхню міграцію, доступність для

живих організмів і потенційний екологічний вплив. На відміну від прямих показників, вони не характеризують безпосередньо вміст забруднювача, але дають змогу оцінювати умови його перебування в ґрунті та здатність ґрунту протидіяти несприятливим змінам.

До непрямих показників належать характеристики гумусного стану ґрунтів, кислотно-основних властивостей, вбирної здатності та окисно-відновних умов. Наприклад, реакція середовища та вміст органічної речовини можуть впливати на рухомість і доступність металів, а вбирна здатність – на їх утримування ґрунтом. Сукупне оцінювання цих властивостей допомагає визначати потенційну стійкість ґрунту до хімічного забруднення та прогнозувати можливі наслідки його впливу.

Непрямі показники використовують разом із даними про вміст забруднювальних речовин. Прикладом є так звані орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) хімічних елементів у ґрунтах із різними фізико-хімічними властивостями, значення яких диференціювали залежно від гранулометричного складу ґрунту та його реакції середовища. ОДК важких елементів і миш’яку в ґрунтах з різними фізико-хімічними властивостями наведений у таблиці 39.

Такий підхід відображає неоднакову здатність ґрунтів утримувати хімічні елементи й обмежувати їхню рухомість за різних фізико-хімічних умов. Тому під час оцінювання забруднення важливо враховувати не лише загальний вміст елемента, а й властивості ґрунту, що впливають на його міграцію та доступність для рослин.

Показники діагностики деградації ґрунтів

Важливим завданням ґрунтово-екологічного моніторингу є своєчасне виявлення негативних змін властивостей ґрунтів, оцінювання напрямів і темпів розвитку деградаційних процесів та прогнозування їхніх можливих наслідків. Для цього використовують сукупність показників, які відрізняються чутливістю до змін, швидкістю реагування та інформативністю щодо певних видів деградації. За характером і часовими масштабами реагування умовно розрізняють показники ранньої, короткострокової та довгострокової діагностики. Такий поділ є орієнтовним і умовним, оскільки швидкість зміни окремих властивостей залежить від типу ґрунту, природних умов, характеру антропогенного навантаження та інтенсивності деградаційного процесу.

1. Показники ранньої діагностики деградації ґрунтів. Ці показники дають змогу виявляти зміни функціонування ґрунту на початкових стадіях розвитку несприятливих процесів, іноді ще до появи виразних морфологічних ознак деградації. До них належать передусім показники біологічної активності ґрунтів: чисельність і видовий склад окремих груп мікроорганізмів та безхребетних тварин, ферментативна активність,

інтенсивність ґрунтового дихання, активність азотфіксації та денітрифікації, нітрифікаційна здатність ґрунту.

Використання цих показників потребує врахування їхньої залежності від температури, вологості, вмісту органічної речовини, кислотно-основних умов тощо. Подібні зміни біологічної активності можуть бути спричинені різними природними й антропогенними чинниками, тому самі по собі вони не завжди дають змогу встановити причину деградації. Для уточнення причин необхідно враховувати додатково фізичні, хімічні і фізико-хімічні властивості ґрунтів.

У залежності від виду деградації до програми ранньої діагностики доцільно включати показники кислотно-основного стану, сольового складу та окисно-відновних умов, а також характеристики ґрунтового розчину. Наприклад, досліджуючи склад водної витяжки, вимірюють pH, електропровідність, активність чи вміст основних іонів. Вибір показників і періодичність спостережень визначають відповідно до завдання, очікуваної швидкості змін і сезонної мінливості параметрів. За необхідності спостереження проводять кілька разів протягом вегетаційного сезону.

2. Показники короткострокової діагностики деградації ґрунтів. Цю групу становлять показники властивостей, зміни яких можна виявити протягом порівняно короткого періоду залежно від інтенсивності навантаження та умов ґрунтоутворення. До них можуть належати вміст доступних для рослин форм елементів живлення, рухомих форм хімічних елементів, окремих кислотнорозчинних сполук кальцію, магнію, заліза й алюмінію, показники складу вбирних іонів, а також вміст і фракційний склад органічної речовини ґрунту.

Інформативність цих показників залежить від конкретного виду деградації. Наприклад, доступність елементів живлення може змінюватися внаслідок удобрення, винесення врожаєм, зміни реакції ґрунтового середовища або водного режиму. Рухомість хімічних елементів залежить від кислотно-основних умов, складу ґрунтового розчину та сорбційних властивостей ґрунту. Тому результати необхідно оцінювати з урахуванням методів визначення, властивостей ґрунту й умов проведення спостережень.

Періодичність визначення таких показників встановлюють у залежності від характеру землекористування, інтенсивності антропогенного навантаження та очікуваних темпів змін. Для окремих параметрів може бути достатнім повторне визначення через кілька років, тоді як за інтенсивних деградаційних процесів або після значних порушень ґрунтового покриву потрібні частіші спостереження.

3. Показники довгострокової діагностики деградації ґрунтів. До цієї групи належать показники відносно стабільних властивостей ґрунту, зміни яких зазвичай відбуваються повільно або потребують тривалих спостережень для достовірного встановлення тенденцій. До них відносять мінералогічний

склад, гранулометричний склад, морфологічні характеристики профілю, валовий хімічний склад, вміст і запаси органічної речовини.

Водночас належність показника до цієї групи не означає, що він не може змінюватися швидко за певних обставин. Наприклад, плантажна оранка, ерозія, зняття ґрунтового шару змінюють склад і будову ґрунту за короткий період. Щільність ґрунту, його структурний стан можуть швидко змінюватися під впливом зрошення.

Довгострокові спостереження дають змогу оцінювати спрямованість змін властивостей ґрунту, виявляти поступове зниження його родючості та визначати ефективність відповідних заходів. Періодичність вимірювань визначають з урахуванням стабільності конкретного показника, виду деградації та інтенсивності впливу. Для встановлення достовірних тенденцій важливо забезпечувати порівнянність методів, глибини відбору проб, сезонів і умов проведення досліджень.

Отже, діагностика деградації ґрунтів має ґрунтуватися на комплексному використанні біологічних, фізичних, хімічних і фізико-хімічних показників. Жоден окремий показник не забезпечує універсальної оцінки всіх видів деградації, тому його значення потрібно інтерпретувати в контексті властивостей ґрунту, умов його використання та інших результатів моніторингу.

Основні показники родючості ґрунтів

Родючість ґрунту визначається сукупністю його фізичних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, які забезпечують рослини водою, повітрям, елементами живлення та сприятливими умовами для росту й розвитку. У системі моніторингу земель оцінювання цих властивостей дає змогу виявляти зміни родючості ґрунтів, визначати обмежувальні чинники та оцінювати ефективність відповідних заходів.

Фізичні властивості ґрунту. До основних фізичних показників, важливих для оцінювання родючості, належать гранулометричний склад, щільність ґрунту, структурний стан, пористість і водопроникність. Вони визначають умови проникнення та утримання води, повітрообмін, тепловий режим, опір ґрунту проникненню коренів і можливості розвитку ґрунтової біоти.

Гранулометричний склад є відносно стабільною характеристикою, тоді як щільність, структурний стан і водопроникність можуть істотно змінюватися внаслідок обробітку, використання сільськогосподарської техніки, водної ерозії, перезволоження або механічного порушення ґрунту. Систематичне спостереження за цими показниками дає змогу виявляти ущільнення, погіршення структури, порушення водного режиму та інші зміни, що обмежують родючість ґрунту.

Вміст і запаси органічної речовини ґрунту. Органічна речовина відіграє важливу роль у формуванні структури ґрунту, підтриманні його біологічної активності, забезпеченні елементами живлення та регулюванні

водно-фізичних властивостей. Тому моніторинг передбачає контроль вмісту органічної речовини (гумусу), а за потреби – їхніх запасів у визначеному шарі ґрунту.

Вміст і запаси органічної речовини можуть характеризувати по різному гумусовий стан чи його динаміку. Наприклад при глибокій оранці через перемішування горизонтів вміст гумусу в орному шарі зменшується при збережені його загальних запасів в метровому шарі ґрунту.

Елементи живлення. Забезпеченість ґрунту елементами живлення є одним із важливих чинників його продуктивності. Під час моніторингу особливу увагу приділяють азоту, фосфору і калію, а залежно від ґрунтових умов і потреб вирощуваних культур – також кальцію, магнію, сірці та мікроелементам, зокрема залізу, марганцю, цинку й міді.

Для оцінювання забезпеченості рослин елементами живлення визначають відповідні аналітично встановлені форми цих елементів. Результати залежать від застосованого методу, властивостей ґрунту та умов вирощування культур, тому їх інтерпретують відповідно до прийнятої методики оцінювання. Дефіцит елементів живлення обмежує ріст і розвиток рослин, тоді як їх надлишок або дисбаланс може спричиняти токсичний вплив, порушувати живлення рослин і погіршувати стан ґрунту. Систематичний контроль забезпеченості елементами живлення дає змогу оцінювати наслідки удобрення, визначати потребу в коригуванні системи удобрення та запобігати виснаженню ґрунту.

Фізико-хімічні властивості ґрунту. Важливе значення для родючості мають реакція ґрунтового середовища (pH), гідролітична кислотність і ємність катіонного обміну, сума увібраних основ, склад обмінних катіонів. Від цих показників значною мірою залежать доступність елементів живлення, рухомість окремих хімічних елементів і умови розвитку рослин.

Для ґрунтів, схильних до засолення або осолонцювання, додатково визначають електропровідність, склад водорозчинних солей і вміст обмінного натрію. Ці показники дають змогу оцінити сольовий стан ґрунту та виявити умови, що можуть обмежувати водопоглинання рослинами, погіршувати структуру ґрунту і його водопроникність. Вибір показників і методів визначення залежить від типу ґрунту, умов зрошення та характеру очікуваних змін.

Фізико-хімічні властивості необхідно оцінювати комплексно. Наприклад, pH не дає повної характеристики кислотно-основного стану без урахування буферних властивостей, а сума увібраних основ сама по собі не є універсальним показником стійкості ґрунту до антропогенного навантаження. Сукупність відповідних показників дає змогу визначати обмежувальні чинники родючості, оцінювати ризики засолення й осолонцювання та обґрунтовувати заходи з поліпшення властивостей ґрунту.

Біологічна активність ґрунту. Біологічні властивості відображають інтенсивність і характер процесів перетворення органічної речовини, кругообігу елементів живлення та функціонування ґрунтової біоти. Для їх

оцінювання можуть використовувати чисельність і склад окремих груп ґрунтових організмів, ферментативну активність, показники мікробіологічних процесів і ґрунтове дихання.

Ґрунтове дихання характеризують за інтенсивністю виділення вуглекислого газу (CO_2). Цей показник відображає сукупний результат дихання коренів і ґрунтових організмів та залежить, зокрема, від температури, вологості, доступності органічної речовини й стану рослинності. Тому для порівняння результатів необхідно враховувати умови вимірювання. Біологічні показники доповнюють дані про фізичні й хімічні властивості ґрунту та дають змогу оцінювати зміни його функціонального стану, але не замінюють інших характеристик родючості.

Окремим напрямом ґрунтово-екологічного моніторингу є оцінювання хімічного забруднення ґрунтів. Визначення вмісту важких металів та інших потенційно токсичних елементів, залишків пестицидів, нафтопродуктів і радіонуклідів дає змогу встановлювати наявність забруднення та оцінювати пов’язані з ним екологічні ризики. Забруднення не є безпосереднім показником родючості, проте за певних умов воно може пригнічувати ґрунтову біоту, порушувати живлення рослин, обмежувати використання земель і створювати ризики для безпечності сільськогосподарської продукції. Тому результати оцінювання забруднення слід розглядати разом із показниками родючості та іншими характеристиками екологічного стану ґрунту.

Таким чином, оцінювання родючості ґрунтів має ґрунтуватися на комплексному аналізі фізичних, фізико-хімічних, хімічних і біологічних властивостей. Вибір конкретних показників, методів їх визначення та періодичності спостережень необхідно узгоджувати з типом ґрунту, характером землекористування, вирощуваними культурами й метою моніторингу. Лише комплексне оцінювання дає змогу визначати чинники, що обмежують родючість ґрунту, відстежувати зміни його стану та обґрунтовувати заходи зі збереження й відновлення родючості.

1.2. Показники проведення моніторингу земель і ґрунтів в Україні

Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 23 липня 2024 року № 848, визначає механізм отримання інформації про зміни стану земель, забруднення та властивості ґрунтів, оцінювання заходів з охорони земель, збереження і відтворення родючості ґрунтів, а також виявлення негативних процесів та їхніх наслідків [10].

Передбачена Порядком система охоплює різні об’єкти, показники та періодичність спостережень (рис. 1). Відповідальність за формування відповідної інформації розподіляється між суб’єктами моніторингу залежно від їхніх повноважень і напрямів діяльності. Умовно показники можна

об’єднати в три групи: показники складу та властивостей ґрунтів; показники площ і просторового розміщення земельних об’єктів; показники стану територій і природних процесів, що визначаються, зокрема, за матеріалами дистанційного зондування Землі.



Рис. 1. Об’єкти і суб’єкти моніторингу земель і ґрунтів в Україні

Показники складу та властивостей ґрунтів.

До цієї групи належать характеристики, за якими оцінюють стан ґрунтового покриву, родючість ґрунтів, наявність забруднення та поширення деградаційних процесів. Передбачено, зокрема, визначення показників складу і властивостей ґрунтів сільськогосподарського призначення, вмісту залишкових кількостей пестицидів і важких металів, щільності забруднення ґрунтів радіонуклідами, а також характеристик ґрунтів земель лісогосподарського призначення.

Для ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення Порядком передбачено визначення показників складу і властивостей ґрунтів. Періодичність спостережень диференційовано залежно від виду

сільськогосподарських угідь: на орних землях – один раз на п’ять років; на сіножатях, пасовищах і землях під багаторічними насадженнями – один раз на п’ять-десять років. Суцільне ґрунтове обстеження передбачено проводити один раз на 20 років. Такі часові інтервали важливо враховувати під час інтерпретації результатів: вони визначають можливість оцінювання довготривалих змін, але не виключають потреби в додаткових обстеженнях у разі виявлення локальних порушень або несприятливих процесів.

Окремо передбачено контроль забруднення ґрунтів. Визначення вмісту залишкових кількостей пестицидів має проводитися не рідше одного разу на рік, а важких металів – один раз на чотири-п’ять років. Для ґрунтів у зоні відчуження та відселеній частині зони безумовного (обов’язкового) відселення передбачено визначення щільності забруднення радіонуклідами. Вибір показників і періодичності їх визначення пов’язаний із характером потенційного забруднення та завданнями контролю відповідних територій.

Для земель лісогосподарського призначення передбачено показники площі лісів та інших лісовкритих земель, щільності забруднення радіонуклідами, а також характеристики ґрунтового покриву. До останніх належать назва ґрунту, тип підстилки, гранулометричний склад ґрунту, тип і поширення ерозії. Ці показники дають змогу характеризувати ґрунти лісових територій, оцінювати поширення ерозійних процесів і враховувати особливості ґрунтового покриву під час аналізу стану земель.

Показники площ і просторового розміщення земель.

Вони характеризують поширення певних видів землекористування, стан земельних угідь і локалізацію територій, на яких можуть виникати несприятливі зміни. Зокрема, передбачено визначення площ сільськогосподарських угідь, укритих деревною та чагарниковою рослинністю, а також площ угідь, які систематично обробляються й використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. Такі показники дають змогу відстежувати зміни використання сільськогосподарських земель, зокрема припинення обробітку або поширення на цих землях деревної та чагарникової рослинності.

До цієї групи належать також площі земель населених пунктів і територій, зайнятих об’єктами, діяльність яких може супроводжуватися впливом на ґрунти. Серед них – нафтогазовидобувні об’єкти, очисні споруди, гноєсховища, склади пально-мастильних матеріалів і добрив, стоянки автотранспорту, гірничі об’єкти та місця захоронення промислових і радіоактивних відходів. Просторові дані про такі території допомагають визначати ділянки потенційного впливу на ґрунти й обґрунтовувати потребу в їх додатковому обстеженні.

Окреме значення мають показники площ земель, ґрунти яких зазнали забруднення, та площ засмічених земельних ділянок. Вони дають змогу характеризувати просторовий масштаб виявлених порушень.

Показники, що визначаються за даними дистанційного зондування Землі.

Порядок передбачає використання інформації про територію України, отриманої за матеріалами дистанційного зондування Землі низької просторової розрізненості. До відповідних показників і характеристик належать місцезнаходження теплових аномалій; паводконебезпечні території та місцевість, що постраждала від повені; льодовий і сніговий покрив; пожежонебезпечні території; оцінки вегетації, посухи та вологовмісту земель; температура земної поверхні; території водної поверхні з підвищеною температурою або концентрацією хлорофілу-А; ділянки Азовського та Чорного морів, забруднені поверхнево-активними речовинами; території, пов'язані з підтвердженням фактів військової агресії проти України, а також вертикальні деформації земної поверхні та інші передбачені Порядком характеристики.

Такі дані мають значення для виявлення та картографування явищ, які охоплюють значні території або швидко змінюються в часі. Наприклад, оцінювання вегетації, посухи та вологовмісту земель допомагає виявляти просторові відмінності стану рослинного покриву й умов зволоження; інформація про теплові аномалії та пожежонебезпечні території може використовуватися для визначення ділянок, що потребують додаткового обстеження. Водночас дані дистанційного зондування не замінюють безпосереднього визначення властивостей ґрунту: вони переважно характеризують стан поверхні та її зміни, а висновки про конкретні ґрунтові властивості за потреби мають підтверджуватися польовими й лабораторними дослідженнями.

Періодичність отримання просторової інформації та даних дистанційного зондування залежить від виду показника, доступності матеріалів і встановлених вимог до моніторингу. Тому під час інтерпретації таких даних необхідно враховувати просторову розрізненість знімків, дату отримання інформації, умови спостереження та можливості конкретного методу виявляти відповідні явища.

Таким чином, передбачена Порядком система моніторингу земель і ґрунтів поєднує результати дослідження властивостей ґрунтів, інформацію про площі та просторове розміщення земельних об'єктів і дані дистанційного зондування Землі. Ці групи показників доповнюють одна одну: перша характеризує стан ґрунтового тіла, друга дає змогу визначати просторові масштаби й локалізацію явищ, третя забезпечує отримання інформації про зміни на значних територіях. Їх спільний аналіз створює основу для обґрунтованої інтерпретації моніторингових даних, визначення потреби в додаткових дослідженнях і планування заходів з охорони та відновлення земель.

РОЗДІЛ 2

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

2.1. Інтерпретація гранулометричного складу ґрунтів за вітчизняними класифікаціями

Існують різні класифікації ґрунтів за гранулометричним складом, які відрізняються принципами групування ґрунтів і межами окремих класифікаційних градацій. У генетичному ґрунтознавстві застосовують двочленну класифікацію Н. А. Качинського, яка протягом десятиліть була одним з основних стандартів у наукових дослідженнях. Під час першого Державного великомасштабного обстеження ґрунтового покриву України (1957-1961 рр.) було офіційно впроваджено тричленну класифікацію гранулометричного складу М. М. Годліна як базовий стандарт його визначення. Це дало змогу детальніше відобразити текстурні особливості орних земель на перших великомасштабних ґрунтових картах України.

Класифікації гранулометричного складу ґрунтів Н. А. Качинського та М. М. Годліна відрізняються кількістю фракцій, які враховують під час визначення гранулометричного складу, а також межами окремих класифікаційних градацій. У класифікації Н. А. Качинського використовують дві фракції, а в класифікації М. М. Годліна – три. Водночас у них інтервали вмісту фізичної глини в межах окремих градацій становлять 10-15%, що зумовлює значну варіабельність властивостей ґрунтів у межах однієї градації [9]. Для детальнішої диференціації ґрунтів України за гранулометричним складом М. І. Полупаном і В. А. Величком запропоновано класифікацію з інтервалом 5% вмісту фізичної глини [9].

У міжнародних класифікаційних системах USDA (Міністерства сільського господарства США) та WRB (Світової реферативної бази ґрунтових ресурсів) текстурну характеристику ґрунтів також встановлюють за співвідношенням вмісту піску, пилу та глини, однак принципи розмежування текстурних класів і граничні значення вмісту окремих фракцій відрізняються від прийнятих у вітчизняних класифікаціях.

Отже, унаслідок відмінностей між класифікаціями результати визначення гранулометричного складу одного й того самого зразка можуть отримувати різні назви залежно від застосованої класифікації. Тому під час інтерпретації даних моніторингу ґрунтів необхідно враховувати класифікацію, за якою визначено гранулометричний склад, метод аналізу та межі виділення гранулометричних фракцій. Це особливо важливо під час порівняння результатів різночасових обстежень, зіставлення даних, отриманих за різними методиками, та використання матеріалів попередніх

ґрунтових досліджень. Назва ґрунту за гранулометричним складом має відповідати результатам аналізу й застосованій системі класифікації.

Інтерпретація гранулометричного складу, визначеного методом Н. А. Качинського

Класифікація Н. А. Качинського розроблена відносно трьох типів ґрунтоутворення: підзолистого, степового, солонцевого. При цьому основна назва гранулометричного складу з'ясовується за відсотковим співвідношенням у ґрунті двох фракцій – фракцій фізичної глини (механічних елементів <0,01мм) і фізичного піску (механічних елементів >0,01мм).

Передбачена також додаткова (докладна) назва за фракціями механічних елементів, що переважають. Серед перерахованих нижче фракції механічних елементів, що визначаються при детальному аналізі, у найменуванні гранулометричного складу було рекомендовано відображати одну або дві.

Назва і величина фракцій механічних елементів, що приймаються до уваги у докладній класифікації гранулометричного складу ґрунтів.

- **гравелиста 1-3 мм;**
- **піщана 1-0,05 мм;**
- **крупнопилувата 0,01-0,05 мм;**
- **пилувата 0,01-0,001 мм;**
- **мулиста <0,001 мм.**

Пояснення

При гранулометричному аналізі у ґрунті встановлюють розміри і кількість окремих гранул, які ще називаються механічними елементами. Ці величини характеризують гранулометричний склад ґрунтів. Механічні елементи, схожі за розмірами, об'єднують у групи і фракції. Кожна фракція характеризується сумою фізичних властивостей, які відрізняють її від інших фракцій. Так, гранули, мілкіші за 0,01 мм в діаметрі, об'єднують у фракцію фізичної глини, а гранули крупніші за 0,01 мм – у фракцію фізичного піску. Термін «фізичний» означає наявність у тій чи іншій фракції фізичних властивостей піску або глини і не обумовлює хімічний склад фракцій.

Основна назва гранулометричного складу ґрунтів встановлюється за відсотком фізичної глини, який визначають при скороченому гранулометричному аналізі, або сумою механічних елементів, розміром <0,01 мм, які визначаються при деталізованому аналізі (табл. 1).

! Аналіз гранулометричного складу за кислотно-лужним методом Качинського передбачає декальцинацію ґрунтів і визначення так званої «втрати при обробці». Для ґрунтів, що не насичені основами, «втрату при обробці» прибавляють до «фізичної глини», а для ґрунтів що насичені основами – до «фізичного піску».

Докладна класифікація ґрунтів за гранулометричним складом враховує ще вміст двох фракцій механічних елементів, що переважають у ґрунтах. При найменуванні гранулометричного складу користуються такими правилами.

► Якщо переважають різнойменні фракції, то назва фракції, яка у ґрунті займає найбільший відсоток, у словосполученні найменування гранулометричного складу ставиться укінці.

► При одночасному переважанні пилуватої і крупнопилуватої фракції у суглинках і глинах – вибирається тільки найбільша з них.

► Супіски характеризують тільки за однією переважаючою фракцією, крім піщаної (тому що вони завжди піщані).

► Для піщаних ґрунтів вказують тільки назву переважаючої фракції піску (наприклад, крупнозернисті, середньозернисті).

Таблиця 1. Класифікація гранулометричного складу ґрунтів за Н.А.Качинським

Різновид ґрунтів за гранулометричним складом	Ґрунти і вміст фізичної глини (механічних елементів < 0,01мм, %)		
	Дерново-підзолисті, сірі лісові	Чорноземи, каштанові	Солонці і сильно-солонцюваті ґрунти
Пухкопіщаний	0-5	0-5	0-5
Зв'язнопіщаний	5-10	5-10	5-10
Супіщаний	10-20	10-20	10-15
Легкосуглинистий	20-30	20-30	15-20
Середньосуглинистий	30-40	30-45	20-30
Важкосуглинистий	40-50	45-60	30-40
Легкоглинистий	50-65	60-75	40-50
Середньоглинистий	65-80	75-85	50-65
Важкоглинистий	>80	>85	>65

За Н.А.Качинським докладна класифікація з врахуванням переважаючих фракцій має таку будову:

Глини важкі ….	Пилувато-мулуваті Мулувато-пилуваті
Глини середні та легкі …	Пилувато-мулуваті Мулувато-пилуваті Крупнопилувато-мулуваті Мулувато-крупнопилуваті
Глини легкі ….	Пилуваті Крупнопилуваті мулувато-піщані

Суглинки важкі і середні ….	Пилувато-мулуваті Мулувато-пилуваті Крупнопилувато-мулуваті Мулувато-крупнопилуваті Пилуваті Крупнопилуваті Піщано-пилуваті Мулувато-піщані Пилувато-піщані
Суглинки легкі ….	Крупнопилуваті Мулувато-піщані Пилувато-піщані Піщані Гравелисто-піщані
Супіски ….	Крупнопилуваті Мулувато-піщані Пилувато-піщані Піщані Гравелисто-піщані
Піски зв'язні …	Дрібнозернисті Дрібнозернисті крупноптлуваті Дрібнозернисті мулувато-піщані Крупнозернисті мулувато-піщані Середньозернисті Середньозернисті гравелисті
Піски пухкі ….	Дрібнозернисті Середньозернисті Крупнозернисті Дрібнозернисті гравелисті Середньозернисті гравелисті Крупнозернисті гравелисті

Історичні класифікації гранулометричного складу ґрунтів України та інтерпретація архівних даних

Під час великомасштабного обстеження ґрунтового покриву України 1957–1961 рр. для характеристики гранулометричного складу ґрунтів застосовували тричленний класифікаційний підхід, пов'язаний із працями М. М. Годліна та М. А. Кочкіна. У той час українські вчені (зокрема професор Михайло Годлін) довели, що для умов України класифікація Качинського не зовсім точна. Причина в тому, що в українських лісових та лісостепових ґрунтах, розвинутих на лесах, є надзвичайно велика частка крупного пилу

(фракція 0,05–0,01 мм). Н.А.Качинський відносив цей пил до «фізичного піску», через що багато цінних суглинкових ґрунтів за його шкалою помилково класифікувалися як легкі піщані або супіщані. Саме тому в українській методиці 1958 року за рекомендацією УкрНДІ ґрунтознавства ім. О. Н. Соколовського затвердили **тричленну класифікацію Годліна**, яка враховує не дві, а три базові групи часток: пісок (>0,05 мм), крупний пил (0,05–0,01 мм) та фізичну глину (<0,01 мм) – табл. 2.

Таблиця 2. Класифікація і номенклатура ґрунтів за М. М. Годліним

Група ґрунтів	Підгрупа	Частинки > 0,05 мм		0,05–0,01 мм (грубий пил)	Вміст фізичної глини, <0,01 мм	
		% всієї фракції	1–0,25 мм		% всієї фракції	<0,001 мм (мул)
Піщані	Піщані	> 90	> 50	< 6	< 6	< 2
	Пилувато-супіщані	> 90	< 50	< 6	< 6	< 2
	Глинисто-піщані	> 75	< 25	< 15	< 15	3±1
	Супіщані	> 40	> 20	30-45	10-20	7±3
Супіщані	Піщано-супіщані	> 45	> 20	20-35	10-20	7±3
	Звичайні супіщані	> 25	< 20	40-60	10-25	7±3
Піщано-Суглинкові	Піщано-легкосуглинкові	> 30	-	10 – 30	25 – 40	15±4
	Піщано-середньосуглинкові	> 20	-	20 – 40	35 – 50	25±5
	Піщано-важкосуглинкові	> 10	-	20 – 40	45 – 60	35±4
Крупнопилувато-суглинкові	Легкосуглинкові	> 25	-	55 – 65	20 – 35	15±4
	Середньосуглинкові	< 15	-	50 – 60	30 – 50	25±5
Пилувато-суглинкові	Пилувато-легкосуглинкові	< 20	-	40 – 50	30 – 45	14±4
	Пилувато - середньосуглинкові	< 10	-	40 – 45	40 – 55	22±3
	Пилувато - важкосуглинкові	< 5	-	30 – 40	50 – 65	30±4
Глинисті	Легкоглинисті	< 10	-	< 35	60 – 80	40±5
	Середньоглинисті	< 10	-	< 25	70 – 90	> 45
	Важкоглинисті	> 10	-	< 30	60 – 80	45±5

Відмінності між зазначеними класифікаціями мають принципове значення під час опрацювання матеріалів ґрунтових обстежень різних років. Назва гранулометричного складу відображає не лише фактичний склад ґрунту, а й систему класифікаційних критеріїв, за якою її встановлено. Тому однакові назви в різних шкалах не обов’язково відповідають однаковим інтервалам вмісту фракцій, а близькі за вмістом фізичної глини ґрунти можуть належати до різних градацій залежно від урахування інших фракцій.

Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом з інтервалом 5% фізичної глини (М. І. Полупан зі співавторами)

Українськими науковцями встановлено, що пріоритетна роль у параметризації ґрунтоутворення належить фізичній глині, а інші фракції практично не впливають на кількісні показники ґрунту [9]. У зв'язку із цим М. І. Полупаном із співавторами запропоновано класифікацію ґрунтів за гранулометричним складом через 5% фізичної глини (табл. 3). Така класифікація зменшує до мінімуму розбіжність властивостей ґрунтів в межах однієї градації і забезпечує більшу точність результатів при порівняльних дослідженнях.

Номенклатура гранулометричних градацій цієї класифікації стала основою для встановлення таксономічних одиниць класифікації ґрунтів на рівні роду відповідно до ДСТУ 7300:2013 «Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів. Терміни та визначення понять».

Таблиця 3. Класифікація ґрунтів за гранулометричним складом через 5% вмісту фізичної глини (М.І.Полупан із співавторами)

Код	Номенклатура гранулометричних градацій	Вміст фізичної глини, <0,01 мм
а	Піщаний	**0 – 5**
б	Зв'язно-піщаний	**6 – 10**
в	Легкосупіщаний	**11 – 15**
г	Важкосупіщаний	**16 – 20**
д	Піщано-легкосуглинковий	**21 – 25**
е	Легкосуглинковий	**26 – 30**
ж	Легкосередньосуглинковий	**31 – 35**
и	Середньосуглинковий	**36– 40**
к	Важкосередньосуглинковий	**41 – 45**
л	Легковажкосуглинковий	**46 – 50**
м	Важкосуглинковий	**51 – 55**
н	Легкоглинистий	**56 – 60**
п	Легкосередньоглинистий	**61 – 65**
р	Середньоглинистий	**66 – 70**
с	Важкоглинистий	**71 – 75**

Значення гранулометричного складу ґрунтів

Гранулометричний склад визначає практично всі властивості ґрунтів і, звичайно, його родючість. Фізичні та водно-фізичні властивості ґрунту, його забезпеченість органічною речовиною й елементами живлення, а відповідно

водно-повітряний і поживний режими ґрунтового середовища залежать від гранулометричного складу. Від нього залежать хід ґрунтових процесів, формування морфологічних ознак ґрунтового профілю, особливості розвитку водної і вітрової ерозії, технологічні особливості агроприйомів тощо.

Глинисті ґрунти мають погану водопроникність і вони схильні до розвитку відновних процесів і оглеювання навіть при відсутності близьких до поверхні ґрунтових вод. При незадовільній оструктуреності глинисті ґрунти швидко висушуються й у сухому стані розтріскуються. Ці ґрунти відносяться до "важких", тому що чинять великий опір ґрунтообробним знаряддям унаслідок високої липкості і щільності. З іншого боку, вони багаті мулистими частками і більш забезпечені елементами живлення в порівнянні із суглинними і супіщаними ґрунтами.

Суглинисті ґрунти в агрономічному відношенні вважаються найкращими. Вони досить вологоємні і водопроникні, добре утримують воду, легко оструктурюються, і їхня структура має достатню водостійкість. Оструктурені суглинки містять багато повітря. Суглинні ґрунти значно легше обробляються, чим глинисті, вони менше схильні до заболочування. Поживні речовини, що знаходяться в них і внесені з добривами, ощадливо використовуються рослинами і практично не вимиваються дощами.

Супіщані ґрунти – теплі, легені в обробці, добре водопроникні, але володіють щодо невеликою вологоємністю і меншим запасом живильних речовин для рослин, у порівнянні з глинистими і суглинними ґрунтами. Внесене добриво, наприклад, гній, швидко розкладається, живильні речовини можуть вимиватися дощами. Але за умови правильної агротехніки на супіщаних ґрунтах можна з успіхом вирощувати багато сільськогосподарських культур.

Піщані ґрунти характеризуються багатьма негативними властивостями: бідні поживними речовинами; не затримують вологу опадів; опади вилуговують живильні речовини з верхніх горизонтів. Великі повітряні пори сприяють вираженому процесу анаеробного розкладання органічної речовини, тому внесений гній швидко мінералізується. При сухій погоді це може створити тимчасову високу концентрацію солей, токсично діючих на рослини. Для цих ґрунтів варто підібрати придатні сільськогосподарські культури і вносити добрива не часто, невеликими дозами, поліпшувати ці ґрунти глинуванням і торфуванням.

При розміщенні сільськогосподарських, культур у межах установлених сівозмін враховуються їх екологічні і біологічні особливості стосовно гранулометричного складу ґрунтів. На суглинних ґрунтах добре ростуть пшениця, ячмінь, овес, буряк, капуста, льон. На більш легких (легкосуглинистих і супіщаних) ґрунтах добре ростуть морква і кукурудза, картопля, гречка, просо; культури баштанних і більшості овочів дають гарні стійкі врожаї переважно на легких ґрунтах. Жито мало чуттєве до гранулометричного складу ґрунту і при гарній агротехніці дають стійкі врожаї на супіщаних і навіть піщаних ґрунтах, на яких добре ростуть також

люпин, середела, сорго. На глинистих, а тим більше важкоглинистих ґрунтах рослини страждають від задухи в ґрунті, але якщо такі ґрунти добре оструктурені, то навіть така високовимоглива до умов зростання культура, як буряк, дає гарні врожаї.

Плодові культури на гранулометричний склад ґрунту реагують по-різному. Для більшості з них найсприятливіші умови створюються на легко- і середньосуглинкових ґрунтах із вмістом фізичної глини 20-60 % і оптимальною щільністю. Родючість ґрунту для плодових культур знижується по мірі зміни гранулометричного складу від цих меж у той чи інший бік. Зовсім непридатні для вирощування садів глибокопрофільні піски.

При оцінці ролі гранулометричного складу ґрунтів Н.А.Качинським запропонована десятибальна шкала, що враховує запас у ґрунтах поживних речовин, водний, повітряний і тепловий режим, ступінь і трудність окультурення для зернових культур.

Бальна оцінка гранулометричного складу (за Н.А.Качинським)

Зона	Грунти	Бали за гранулометричним складом					
		Глинисті	Важко-суглинисті	Середньо-суглинисті	Легко-суглинисті	Супіщані	Піщані дрібнозернисті зв’язні
Підзолиста	Дерново-підзолисті грунти	6	7	10	8	6	4
Сіра лісова	Ясно-сірі лісові, сірі лісові, темно-сірі лісові грунти	8	10	9	7	6	4
Чорноземна	Чорноземи типові, звичайні	10	9	8	6	4	3
Чорноземна	Чорноземи південні	9	10	8	7	5	3
Каштанова	Темно-каштанові	8	10	9	7	6	3

2.2. Визначення текстури ґрунту (гранулометричного складу) відповідно до міжнародної класифікації ґрунтів

У міжнародній класифікації ґрунтів (World Reference Base for Soil Resources, WRB), що схвалена Міжнародним товариством ґрунтознавців для інтернаціонального співробітництва, застосовують класифікацію гранулометричних елементів відповідно стандарту ISO 11277:2020 (табл. 4).

За цією класифікацією до піску належать частинки ґрунту розміром 0,063-2 мм, до мулу – частинки розміром 0,002-0,063 мм, до глини – частинки менше 0,002 мм.

Таблиця 4. Класифікація гранулометричних елементів за всесвітньою довідковою базою ґрунтових ресурсів (WRB) і відповідно ISO 11277:2020

Клас гранулометричного складу (particle-size class)		**Розмір частинок (diameter of particles)**
Дрібнозерниста земля	Fine earth	Всі частинки (all particles) ≤ 2 mm
Пісок	Sand	> 63 µm - ≤ 2 mm
Дуже крупний пісок	Very coarse sand	> 1250 µm - ≤ 2 mm
Крупний пісок	Coarse sand	> 630 µm - ≤ 1250 µm
Середній пісок	Medium sand	> 200 µm - ≤ 630 µm
Дрібний пісок	Fine sand	> 125 µm - ≤ 200 µm
Дуже дрібний пісок	Very fine sand	> 63 µm - ≤ 125 µm
Мул	Silt	> 2 µm - ≤ 63 µm
Крупний мул	Coarse silt	> 20 µm - ≤ 63 µm
Дрібний мул	Fine silt	> 2 µm - ≤ 20 µm
Глина	Clay	≤ 2 µm
Груба глина	Coarse clay	> 0.2 µm - ≤ 2 µm
Дрібна глина	Fine clay	≤ 0.2 µm

Класифікація текстури ґрунту у системах USDA і WRB базується на процентному вмісті піску, мулу та глини в ґрунті. Виділяють 12 текстурних класів ґрунтів (табл. 4).

Для визначення текстури ґрунту використовують графічний розподіл піску, мулу і глини – так званий трикутник Фере (рис. 2). Для цього на кожній стороні трикутника знаходять значення відповідної фракції та проводять лінії всередину діаграми паралельно протилежній стороні. Точка перетину ліній, що відповідають умісту трьох фракцій, визначає текстурний клас ґрунту за діаграмою. Сума вмісту піску, мулу та глини має становити 100 %. Назву текстурного класу встановлюють за ділянкою трикутника, у межах якої розташована точка перетину, з урахуванням меж класів, наведених на діаграмі.

Таблиця 5. Текстурні класи ґрунтів на основі класифікації розміру часток

Загальні назви ґрунтів (загальний склад)	Пісок, %	Мул, %	Глина, %	Текстурний клас	
Піщані ґрунти (груба текстура)	86-100	0-14	0-10	sand	Пісок
	70-86	0-30	0-15	loamy sand	Суглинистий пісок
Суглинисті ґрунти (помірно грубого складу)	50-70	0-50	0-20	sandy loam	Піщаний суглинок
Суглинисті ґрунти (середнього складу)	23-52	28-50	7-27	loam	Суглинок
	20-50	74-88	0-27	silty loam	Пилуватий суглинок
	0-20	88-100	0-12	silt	Тонкий суглинок
Суглинисті ґрунти (помірно дрібного складу)	20-45	15-52	27-40	sandy clay loam	Піщано-глинистий суглинок
	45-80	0-28	20-35	clay loam	Глинистий суглинок
	0-20	40-73	27-40	silty clay loam	Пилувато-глинистий суглинок
Глинисті ґрунти (дрібної текстури)	45-65	0-20	35-55	sandy clay	Піщана глина
	0-20	40-60	40-60	silty clay	Пилувата глина
	0-45	0-40	40-100	clay	Глина

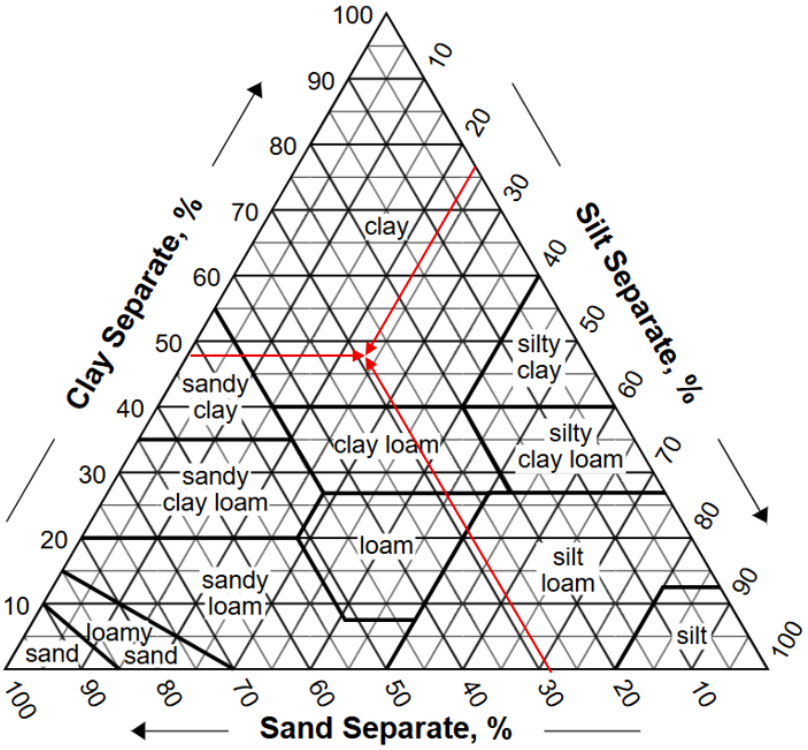


Рис. 2. Визначення текстури ґрунту у трикутнику Фере
(із прикладом: Sand = 29%, silt = 23%, Clay = 48%**)**

2.3. Оцінка загальних фізичних властивостей ґрунтів

Фізичні властивості ґрунтів – це один з найважливіших факторів їх родючості. Якщо агрохімічна характеристика ґрунтів є однією з важливих складових частин теоретичного обґрунтування ефективного застосування добрив та хімічних меліорантів, то агрофізична характеристика є такою ж важливою складовою частиною теоретичного обґрунтування таких основних заходів землеробства як системи обробітку ґрунту і системи сівозмін, меліоративних і агротехнічних заходів, основними завданнями яких є в першу чергу покращення ґрунтово-фізичних умов у відповідності з вимогами сільськогосподарських рослин. Значення фізичних властивостей ґрунту для його родючості особливо посилюється за умов інтенсивного використання сільськогосподарських земель. Науково необґрунтовані технології зрошення і низька якість поливних вод, дегуміфікація ґрунтів, використання сільськогосподарської техніки підвищеної енергоємності і ваги – це ті основні фактори, що можуть призвести до погіршення фізичного стану ґрунтів, їх деградації.

До загальних фізичних властивостей ґрунту відносяться щільність твердої фази, щільність складення і пористість.

Щільність твердої фази ґрунту – відношення маси її твердої фази до маси води при 4˚С в тому же об’ємі. Виражається вона в г/см^3. Її величина визначається співвідношенням у ґрунті компонентів органічної і мінеральної частин. Для органічних речовин (опад рослин, торф, гумус) щільність твердої фази коливається від 0,2-0,5 до 1,0-1,4 г/см^3, а для мінеральних компонентів - від 2,1-2,5 до 4,0-5,18 г/см^3. Мінеральні горизонти більшості ґрунтів мають щільність твердої фази від 2,4 до 2,65 г/см^3.

Щільність (чи щільність складення) ґрунту – маса одиниці об’єму абсолютно сухого ґрунту, узятого в природному стані. Виражається вона в г/см^3. Щільність ґрунту залежить від мінералогічного і гранулометричного складу, структури і вмісту органічної речовини. Вона може істотно змінюватися при обробках, в результаті застосування важкої техніки. Найбільш пухкий ґрунт буває відразу після обробки, потім він поступово ущільнюється, і через якийсь час його щільність приходить у стан рівноваги, тобто мало змінюється до наступної обробки. Така щільність ґрунту називається рівноважною. Визначають рівноважну щільність перед початком весняних польових робіт, або через 1–2 місяці після останнього обробітку ґрунту.

Щільність ґрунту змінюється по профілю. Верхні горизонти ґрунтового профілю, що містять більше органічної речовини і краще оструктурені, які піддаються розпушуванню, мають більш низьку щільність, яка униз по профілю зростає. Щільність ґрунту сильно впливає на поглинання вологи і її пересування в ґрунтовій масі, газообмін, розвиток коренів, інтенсивність

мікробіологічних процесів, умови існування мікроорганізмів, ґрунтових комах і тварин.

При оцінці рівноважної щільності слід виходити з того, що для ґрунтів середнього та важкого гранулометричного складу оптимальні показники рівноважної щільності знаходяться в межах 1,1–1,3 г/см^3. Для супіщаних і піщаних ґрунтів відповідні параметри становлять 1,3–1,5 г/см^3 (табл. 6-8). Якщо рівноважна щільність перевищує вказані параметри, то це свідчить, що ґрунт знаходиться в деградованому стані і потребує відповідного втручання – внесення підвищених норм гною, застосування полегшеної техніки чи глибокого обробітку тощо.

Із щільністю тісно пов'язані інші фізичні властивості ґрунтів. У глинистих ґрунтах перехід до цілком несприятливого повітряного режиму відбувається за щільності 1,30-1,35 г/см^3, у суглинках важкого гранулометричного складу – 1,50 г/см^3, середнього – 1,60-1,65 г/см^3, легкого – 1,75 г/см^3, в супіщаних ґрунтах – 1,90-1,95 г/см^3, а в піщаних ґрунтах цілком несприятливий водно-повітряний режим не настає навіть за щільності близько 2 г/см^3. Тому у глинистих і суглинистих ґрунтах важкого гранулометричного складу різке погіршення мінерального кореневого живлення рослин за сильного ущільнення ґрунту настає насамперед унаслідок нестачі повітря для дихання, а в піщаних і супіщаних ґрунтах – внаслідок утруднення або неможливості просування крізь їх товщу коренів через жорсткість каркасу твердої фази. У легких суглинках фізично майже неможливе просування коренів плодових культур за щільності 1,75-1,85 г/см^3, а в супіщаних і піщаних – 1,65-1,75 г/см^3.

Таблиця 6. Угруповання ґрунтів різного гранулометричного складу за ступенем ущільнення щодо плодових культур

Ґрунт за ступенем ущільнення	Гранулометричний склад і щільність, г/см^3		
	глинистий	суглинистий	піщаний і супіщаний
	(за Неговєловим і Вальковим)		(за Ващенком)
Надмірно пухкий	<1,00	<1,10	<1,30
Дуже пухкий	1,00-1,15	1,10-1,20	<1,30
Пухкий	1,15-1,30	1,20-1,35	1,30-1,40
Пухкуватий	1,30-1,35	1,35-1,40	1,40-1,45
Ущільнений	1,35-1,50	1,40-1,50	1,45-1,50
Щільний	1,50-1,60	1,50-1,60	1,50-1,65
Дуже щільний	1,60-1,70	1,60-1,70	>1,65
Надмірно щільний	>1,70	>1,70	>1,65

Критичні показники щільності ґрунтів у кореневмісному шарі для вирощування яблуні показані у табл. 7. Цими показниками з певним ступенем наближення можна користуватися для оцінки родючості ґрунтів стосовно інших садових культур, враховуючи, що за зменшенням чутливості до ущільнення ґрунту плодові культури розміщуються в такому порядку: черешня, абрикос, груша, яблуня, слива.

Таблиця 7. Реагування плодових культур на ущільнення суглинкових і глинистих ґрунтів (за Неговєловим і Вальковим)

Стан плодових насаджень	Шар ґрунту, см	Черешня, абрикос	Яблуня, груша, айва, персик	Слива, вишня	Примітки
Дерева довговічні, рясно плодоносять	20-80 80-150 150-300	<1,45 <1,45 <1,50	<1,50 <1,50 <1,50	<1,50 <1,55 <1,50	На дренованих ґрунтах глибоке ущільнення немає значення
Дерева ростуть і задовільно плодоносять	20-80 80-150 150-300	<1,45 <1,48 <1,50	1,50 1,55 1,55-1,75	<1,55 1,60-1,70 1,65-1,75	
Стан дерев задовільний лише на дренованих схилах, стрімкістю 5°	20-80 80-150 150-300	<1,45 <1,48 1,50-1,55	1,50 1,50-1,60 Не має значення	<1,55 Не має значення	Ці параметри мають значення лише для районів із достатнім зволоженням
Дерева дуже пригнічені і не плодоносять	20-80 80-150 150-300	>1,50 >1,55 >1,60	>1,60 >1,65 >1,70	>1,70 >1,70 -	

Таблиця 8. Придатність ґрунтів різного гранулометричного складу для вирощування яблуні залежно від щільності кореневмісного шару [4]

Гранулометричний склад ґрунту	Ґрунт для садіння яблуні сприятливий	Потрібні додаткові визначення вологості в'янення і щільності твердої фази для розрахунку повітрозабезпеченості	Ґрунт для садіння яблуні непридатний
Легкосуглинковий	<1,63	1,63-1,75	>1,75
Середньосуглинковий	<1,50	1,50-1,61	>1,61
Важкосуглинковий	<1,39	1,39-1,48	>1,48
Глинистий	<1,32	1,32-1,40	>1,40
Важкоглинистий	<1,23	1,23-1,30	>1,30

Щільність суглинкових ґрунтів під високопродуктивними яблуневими садами в зоні розміщення основної маси коріння (шар 20-80 см) становить 1,2-1,3 г/см^3. Отже, ці показники можна вважати оптимальними для функціонування кореневих систем і живлення плодових культур. У супіщаних і глинистих ґрунтах вони мають бути відповідно дещо вищими і нижчими – близько 1,3-1,4 та 1,1-1,2 г/см^3. При такій щільності загальна пористість становить 50-65 %, що забезпечує оптимальний водно-повітряний режим у кореневмісному шарі та відповідні умови живлення; некапілярна

пористість становить 12-25 %, що забезпечує нормальні умови аерації для дихання коренів та життєдіяльності мікроорганізмів.

Пористість (чи шпаруватість) ґрунту – сумарний обсяг усіх пор між частками твердої фази ґрунту. Її виражають у % від загального об'єму ґрунту й обчислюють по показниках щільності ґрунту *(d_v,* г/см^3*)* і щільності твердої фази *(d,* г/см^3*)*.

$$Рзаг._{(\%)} = (1 - d_v / d) \cdot 100$$

Пористість залежить від складу, структурності, діяльності ґрунтової фауни, вмісту органічної речовини, в орних шарах – від частоти і прийомів обробки й окультуреності ґрунту (табл. 9).

Розрізняють капілярну і некапілярну пористість, що складають разом загальну пористість. Пори можуть бути заповнені водою і повітрям. Некапілярні пори забезпечують водопроникність і повітрообмін, капілярні – утримують воду за рахунок капілярних сил. Для створення великого і стійкого запасу вологи при одночасному нормальному повітрообміні (аерації) необхідно, щоб капілярна пористість складала 55 – 65 % загальної пористості. Якщо вона менше 50 %, то повітрообмін погіршується і може виникнути анаеробіозис. Для найкращого забезпечення рослин водою і повітрям і високої ефективності застосовуваних добрив і інших заходів щодо створення високих врожаїв важливо, щоб ґрунти мали найбільшу капілярну пористість, заповнену водою, і одночасно пористість аерації не менш 15 % об'єму в мінеральних і 30-40 % у торф'яних ґрунтах.

Таблиця 9. Якісна оцінка пористості ґрунтів

Загальна пористість у вегетаційний період для суглинистих і глинистих ґрунтів, %	Якісна оцінка пористості
>70	– ґрунт спушений – надлишкова пористість
65—55	– відмінна для орного шару
55—60	– задовільна для орного шару
<50	– незадовільна для орного шару
40—25	– надмірно низька, характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів

2.4. Оцінювання структурного стану ґрунтів

Фізичні властивості ґрунтів – важливий, а іноді і вирішальний фактор формування врожаю сільськогосподарських культур і ефективності різних прийомів їхньої обробки. Фізичні властивості ґрунту і їхній вплив на родючість у великій мірі залежать від його структурного стану.

Екологічне значення структурного стану ґрунту як складу агрегатів певної форми, розміру та стійкості може бути визначено в різних аспектах. Структура відповідає за збереження самого ґрунтового тіла при дії деструктивних факторів (дефляція, ерозія тощо), а також на рівні з іншими фізичними властивостями відповідає за створення фізичних умов для протікання внутрішніх ґрунтових процесів. З іншої сторони, структура є фактором, що обумовлює забезпечення рослин та живої фази ґрунту водою і повітрям, регулює температурний режим, фізичні умови розвитку кореневих систем рослин і міграції живих організмів.

До показників, що характеризують структурний стан ґрунту відносяться такі: процентний вміст структурних фракцій різного розміру від 10 до 0,25 мм та процентний вміст водотривких агрегатів за розміром > 1 мм і >0,25 мм. Серед перелічених показників найбільш стабільним вважається вміст водотривких агрегатів. Цей показник найменш динамічний як в межах одного сезону, так і за роками. Зменшення водотривкості агрегатів відображає суттєву трансформацію процесів агрегатоутворення, пов’язаних з порушенням рівноважного стану ґрунту, його деградацією.

Найбільш чутливим є показник вмісту агрегатів >1 мм, за допомогою якого, наприклад, завжди вдається показати позитивну дію на ґрунт гною, багаторічних трав, сидератів, гіпсування та інших засобів покращення структури ґрунтів, навіть у той час, коли вміст водотривких агрегатів >0,25 мм залишається незмінним [4].

Аналітично структурність ґрунтів визначається методом розсіювання на ситах – фракціонуванням ґрунтової маси в повітряно-сухому стані (сухе просівання) і у воді (мокре просівання).

За даними сухого просівання розраховують коефіцієнт структурності:

$$К = \frac{А}{Б},$$

де ***К*** – коефіцієнт структурності; ***А*** – сума макроагрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %; ***Б*** – сума агрегатів <0,25 мм і грудок >10 мм, %.

Чим вище „К”, тим ґрунти краще оструктурені.

Агрономічно-цінною структурою є грудкувата і зерниста структура верхніх горизонтів ґрунту від 0,25 до 10 мм, що володіє водостійкістю і зв’язністю. Структурним вважається ґрунт, який містить більше 55% водостійких агрегатів (табл. 10-11).

Таблиця 10. Шкала оцінки структурно-агрегатного стану орних земель (ґрунту середнього і важкого гранулометричного складу по Долгову і Бахтіну)

Вміст у ґрунті агрегатів 0,25 – 10 мм, %		Структурний стан
водостійких	повітряно-сухих	
>80	>70	Відмінний
80–60	70–55	Гарний
60–40	55–40	Задовільний
40–20	40–20	Незадовільний
<20	<20	Поганий

Таблиця 11. Оцінка водостійкості ґрунтової структури (за Савіновим)

Сума водостійких агрегатів >0,25 мм, %	Оцінка водостійкості
<10	Відсутня
10–20	Незадовільна
20–30	Недостатньо задовільна
30–40	Задовільна
40–60	Гарна
60–75	Відмінна
Більше 75–80	Надлишково-висока

При поганому або незадовільному структурному стані ґрунту рекомендують негайне застосування прийомів для його покращення – травосіяння, внесення органічних добрив, сидерацію чи навіть виведення ґрунту з польової сівозміни в ґрунтозахисну.

2.5. Оцінюваня кислотності та лужності ґрунтів

Реакція ґрунту обумовлена наявністю і співвідношенням у ґрунтовому розчині водневих (H^+) і гідроксильних (OH^-) іонів і характеризується *pH* – від'ємним логарифмом активності водневих іонів у розчині.

У 1 *л* чистої води при 22˚*C* міститься 10^{-7} *г-іона* (чи $1 \cdot 10^{-7}$ *г*) водневих іонів і 10^{-7} *г-іона* (чи $1 \cdot 10^{-7}$ *г*) гідроксид-іонів, що утворяться при дисоціації молекул H_2O. У цьому випадку *pH* води дорівнює *7*. Якщо до чистої води додати кислоти, то концентрація H^+ буде $> 10^{-7}$, а концентрація $OH^- < 10^{-7}$.

При оцінці ґрунтів варто звернути увагу на таку особливість шкали *pH*. Кожний наступний ступінь на шкалі *pH* свідчить про десятикратне зменшення концентрації іонів водню (і, відповідно, кислотності) у розчині й збільшенні концентрації гідроксид-іонів. Наприклад, кислотність розчину зі значенням *pH 4* у десять разів вище кислотності розчину зі значенням *pH 5*, у сто разів вище, ніж кислотність розчину зі значенням *pH 6* і в сто тисяч разів

вище, ніж кислотність розчину зі значенням *pH 9*. Звідси випливає також, що за величинами *pH* не можна визначати середньоарифметичне.

У агрономічній практиці ступінь кислотності чи лужності ґрунтів характеризують за показниками актуальної, а також потенційної кислотності та лужності.

Актуальна кислотність і лужність ґрунтів визначається у водній витяжці чи суспензії, у зв'язку з чим до індексу pH додається буквений індекс «**в**» чи «**H_2O**» ($pH_в$ або pH_{H_2O}).

У ґрунтах $pH_в$ може знаходитися в межах від 4 до 8 і більше. Украй низькі значення *pH* характерні для болотно-підзолистих ґрунтів. Для підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів $pH_в$ дорівнює 4,5—5,6, для сірих лісових – 5,5—6,5, чорноземів і каштанових – 6,5—7,5, у карбонатних ґрунтах, солонцях, деяких солончаках $pH_в$ більше 8,5.

Служба охорони природних ресурсів Міністерства сільського господарства США в Посібнику з родючості ґрунтів: реакція ґрунтового розчину (pH) наводить таку класифікацію реакції ґрунтового середовища:

Описовий термін		**Діапазон pH**
Ultra Acid	Ультракислий	< 3.5
Extremely Acid	Екстремально кислий	3.5 to 4.4
Very Strongly Acid	Дуже сильно кислий	4.5 to 5.0
Strongly Acid	Сильно кислий	5.1 to 5.5
Moderately Acid	Помірно кислий	5.6 to 6.0
Slightly Acid	Слабо кислий	6.1 to 6.5
Neutral	Нейтральний	6.6 to 7.3
Slightly Alkaline	Слабо лужний	7.4 to 7.8
Moderately Alkaline	Помірно лужний	7.9 to 8.4
Strongly Alkaline	Сильно лужний	8.5 to 9.0
Very Strongly Alkaline	Дуже сильно лужний	> 9.0

Обмінна кислотність виявляється при взаємодії з ґрунтом нейтральних солей. При цьому відбувається еквівалентний обмін катіона нейтральної солі на іони водню й алюмінію, що знаходяться в ґрунтовому вбирному комплексі. Наприклад:

$$[ГВК^-]\ H^+ + KCl \rightarrow [ГВК^-]\ K^+ + HCl.$$

Для визначення обмінної кислотності використовують не водну витяжку, а сольову, використовуючи 1н. розчин KCl. Реакцію ґрунту в такому випадку показують величиною pH_{KCl} (табл. 12).

Таблиця 12. Агрономічні рівні кислотності та лужності ґрунтів за значеннями *pHkcl*

pH сольової витяжки	Ґрунти за ступенем кислотності та лужності *	Ґрунти із зазначеними рівнями кислотності чи лужності
Нижче 4,1	Дуже сильнокислі	Підзолисті, болотно-підзолисті, болотні
4,1—4,5	Сильнокислі	Підзолисті, дерново-підзолисті, болотно-підзолисті, болотні
4,6—5,0	Середньокислі	Те ж, і ясно-сірі лісові
5,1—5,5	Слабокислі	Дерново-підзолисті (неокультурені й окультурені), сірі лісові
5,6—6,0	Близькі до нейтральних	Сірі лісові, лісостепові чорноземи, окультурені дерново-підзолисті
6,1—7,0	Нейтральні	Сірі лісові, чорноземи звичайні Чорноземи південні, каштанові
7,1—7,5	Близькі до нейтральних	Чорноземи південні і каштанові солонцюваті
7,6—8,0	Слаболужні	Солонці, солончаки, сильносолонцюваті чорноземи і каштанові ґрунти
8,1—8,5	Середньолужні	Содові солонці і солончаки
8,6—9,0	Сильнолужні	Содові солонці і солончаки
Більше 9,0	Дуже сильнолужні	

* Градації pH сольової видяжки наведені у відповідності з ДСТУ 4362-2004 «Показники родючості ґрунтів» [14].

Гідролітична кислотність визначається після взаємодії з ґрунтом гідролітично-лужної солі (1н. розчину CH_3COONa), яка більш повно витісняє кислотні іони з ґрунтового вбирного комплексу.

Показник гідролітичної кислотності (мг-екв/ 100г ґрунту) виражає сумарну (актуальну і потенційну) ґрунтову кислотність.

Актуальна лужність чи лужна реакція ґрунтових розчинів і водних витяжок обумовлена різними за складом з'єднаннями: карбонатами і гідрокарбонатами лужних і лужноземельних елементів, гуматами натрію.

Потенційна лужність виявляється в ґрунтах, що містять вбирний натрій. При взаємодії ґрунту з вуглекислотою вбирний натрій у ґрунтовому

вбирному комплексі замінюється воднем і з'являється сода, що підлужує розчин:

$$[ГВК^{2-}]\ 2Na^{+} + H_2CO_3 \rightarrow [ГВК^{2-}]\ 2H^{+} + Na_2CO_3.$$

У ґрунтах в залежності від їх генетичної природи і властивостей виявляється широкий діапазон значень pH (табл. 11). Різні сільськогосподарські культури і мікроорганізми по-різному відносяться до реакції ґрунтового розчину (табл. 13-15).

Таблиця 13. Значення $pH_в$ для розвитку рослин і мікроорганізмів (Прянишніков, 1940; Ковда, 1973; Копитко, 2001)

Рослина	Оптимум $pH_в$	Допустимі межі $pH_в$	Рослина, мікроорганізми	Оптимум $pH_в$	Допустимі межі $pH_в$
Пшениця	6—7	5—8	Льон	5—6	4—7
Ячмінь		6—7,2	Тютюн	4,5—6,5	
Жито	5—6	4—7	Люпин	4—5	4—6
Овес	5—6	4—8	Горох	6—7	5—8
Картопля	5—5,5	4—8	Буряк	7—7,5	6—8
Люцерна	7—8	6—8	Гриби	3,5—6	
Конюшина	6—6,5	5—8	Азотобактер	6—8	
Бавовник	6—7,3	6—8	Нітрифікатори	6,8—8	
Чайний кущ	5—6,5	4—7	Денітрифікатори	7—8	
Плодові (яблуня, груша, слива, вишня, черешня, аґрус, смородина)	6,0—6,5				

Таблиця 13. Продовження

Рослина	Інтервал pH, що сприятливий для росту	Рослина	Інтервал pH, що сприятливий для росту
Капуста	6,5—7,4	Квасоля	6,4—7,1
Огірки	6,4—7,5	Салат	6,0—7,0
Цибуля	6,4—7,5	Редис	5,0—7,3
Горох	6,0—7,0	Морква	5,6—7,0
Суниця і малина	5,5—6,0	Томати	5,0—8,0

Більшість плодових культур можуть задовільно рости і плодоносити в широкому діапазоні *pH*, але найсприятливішою для них є слабокисла та близька до нейтральної реакція ґрунтового розчину.

Сильнокислою і несприятливою для мінерального живлення всіх плодових культур є реакція ґрунтового середовища (*pH = 3,5... 5,5*). Як

правило, такі ґрунти (підзолисті, дерново-підзолисті, бурі лісові) дуже бідні на вміст кальцію, калію, бору, цинку, сірки, кобальту, йоду та інших елементів живлення. В них різко знижена доступність фосфатів. Алюміній і залізо перебувають у рухомих формах і токсично впливають на рослини. Такі ґрунти, особливо суглинисті та глинисті різновиди, мають несприятливі фізичні властивості.

Для плодових культур слабкокислі (*pH = 5,5...6,5*) і нейтральні (*pH = 6,5...7,5*) ґрунти – сірі та бурі лісові, чорноземи опідзолені, вилугувані, типові, звичайні – найкращі. Вони мають сприятливі фізичні та фізико-хімічні властивості, відрізняються високою мікробіологічною активністю, характеризуються близькими до оптимальних умовами мінерального живлення.

У слабо- і сильнолужних ґрунтах з *pH* в межах 7,5...8,5 одиниць (чорноземи південні та темно-каштанові ґрунти, особливо їх карбонатні роди) спостерігається дефіцит заліза, цинку, магнію, фосфатів, а також антагонізм між забезпеченістю їх фосфором, цинком і міддю. При інтенсивному застосуванні фосфорних добрив виникає цинкове і мідне голодування. При цьому дерева часто хворіють на хлороз.

Таблиця 14. Реакція розчину кореневмісного шару ґрунтів і можливість їх використання під плодові насадження [4]

Водневий показник (pH суспензії ґрунту)	Придатність для вирощування плодових культур
3,5-4,5	Тільки після вапнування
6,0-8,0	Без меліорації
8,0-8,6 (8,7)	Добрі ґрунти для вирощування кісточкових і задовільні для вирощування насіннячкових порід. Необхідне систематичне застосування органічних добрив і меліорантів для оптимізації реакції середовища.

Несприятливий вплив сильної лужності ґрунтів на живлення плодових і ягідних культур посилюється тим, що ці ґрунти майже завжди мають токсичні легкорозчинні солі. Це негативно впливає як на фізичні властивості ґрунту, так і на кореневе живлення рослин. Для плодових культур важливо, щоб реакція ґрунтового розчину була оптимальною не тільки у верхньому шарі ґрунту, але й глибше по його профілю, оскільки дерева, досягаючи корінням, наприклад, сильнолужних горизонтів, негативно реагують на несприятливі умови живлення і різко знижують продуктивність (табл. 14).

Таблиця 15. Придатність ґрунтів для вирощування плодових культур у залежності від реакції ґрунтового розчину на різних глибинах [4]

Гру-па	pH суспензії ґрунту на різних глибинах, см					Ступінь придатності ґрунту
	0-50	50-150	150-200	200-250	250-300	
I	<6,0	6,0-8,5	6,0-8,7	6,0-8,7	6,0-8,7	Сприятливий для вирощування всіх насіннячкових, а при вапнуванні – й для вирощування кісточкових
II	6,0-8,5	6,0-8,5	6,0-8,7	6,0-8,7	6,0-8,7	Сприятливий для вирощування всіх насаджень
III	7,0-8,5	7,0-8,5	8,5-8,7	8,5-8,7	>8,7	Недостатньо задовільний для вирощування зимових сортів насіннячкових на сильнорослих підщепах та для вирощування черешні
IУ	7,0-8,5	7,0-8,5	8,5-8,7	>8,7	>8,7	Придатний для вирощування кісточкових, насіннячкових на слабкорослих підщепах. Допустимий для вирощування найстійкіших сортів яблуні на сильнорослих підщепах
V	7,0-8,5	8,5-8,7	>8,7	>8,7	>8,7	Придатний для вирощування кісточкових, особливо абрикоса. Допустимий для вирощування найстійкіших літніх сортів яблуні на слаборослих підщепах
УI	8,0-8,5	>8,7	>8,7	>8,7	>8,7	Непридатний для закладання садів, але допустимий для створення насаджень абрикоса

2.6. Визначення ступеня насиченості ґрунтів основами

Ненасиченість ґрунтів основами (іонами Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, NH_4^{+}) обумовлюється гідролітичною кислотністю.

Насиченість ґрунтів основами визначається за формулою:

$$V = \frac{S \cdot 100}{E} \quad \text{або} \quad V = \frac{S \cdot 100}{S + H} \quad , \text{ де}$$

V – ступінь насиченості ґрунтів основами, %;
S – сума вбирних основ, мг-екв/100 г ґрунту;
E - ємність поглинання, мг-екв/100 г ґрунту;
H - гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту.

2.7. Визначення ступеня солонцюватості ґрунтів

Осолонцювання – є негативним процесом. Розрізняють природну і вторинну (іригаційну) солонцюватість. Остання є наслідком збільшення вмісту увібраних натрію і калію в складі ґрунтового вбирного комплексу при зрошенні земель. Зрошення призводить до підвищення вмісту вбирного натрію з 0,6-1,0 до 1,5-2,0% (разом з калієм до 2-4%) суми обмінних катіонів при використанні прісних поливних вод і до 3-8% (разом з калієм до 5-12%) – при використанні мінералізованих вод. Процес осолонцювання визначається якістю поливних вод (співвідношенням у воді кальцію до натрію та її мінералізацією), властивостями ґрунтів, які визначають їх буферність до осолонцювання (вмістом іонів кальцію, гумусу, карбонату кальцію), глибиною та мінералізацією ґрунтових вод тощо.

Наслідками осолонцювання є пептизація мулу, деградація структури ґрунтів і їх ущільнення, трансформація і деградація мінеральної і органічної частини, підвищення лужності, погіршення повітряних і водних властивостей ґрунтів. Слабкий ступінь вторинної солонцюватості знижує врожай на 15-20%, середній – на 20-30, сильний – на 40-50% і вище.

При визначенні солонцюватості ґрунтів кількість вбирного натрію виражають у відсотках від ємності поглинання, тобто знаходять яку частину її займає натрій.

$$X = \frac{Na \cdot 100}{E}$$, де

X – вбирний натрій у відсотках від ємності поглинання;
Na – кількість вбирного натрію, мг-екв/100 г ґрунту;
E – ємність поглинання, мг-екв/100 г ґрунту;
100 – для перерахування у відсотки.

За Національним стандартом (ДСТУ), солонцюватими є ґрунти із часткою вбирного натрію більше 2,6% (табл. 15). У джерелах минулих років ступінь солонцюватості встановлювався за класифікацією ґрунтів 1977 року. Ця класифікація передбачала визначення солонцюватості за часткою увібраного натрію у залежності від гумусованості ґрунту. Високо-гумусовані ґрунти є несолонцюватими при вмісті вбирного натрію до 5% від ємності поглинання, слабосолонцюваті – 5-10%, середньосолонцюваті – 10-15% і сильносолонцюваті – 15-20%. Для малогумусних ґрунтів (чорноземів південних, каштанових ґрунтів) пропонується інша градація (табл. 16).

Таблиця 16. Поділ слабогумусованих ґрунтів за ступенем солонцюватості

Ступінь солонцюватості	Вбирний Na^+ в процентах від суми вбирних основ [1)]	Вбирний Na^+ в процентах від суми вбирних основ для малогумусних ґрунтів [2)]	Рівень родючості ґрунтів для закладання садів [3)]
Несолонцюваті	Менше 2,6	<3	1 (1- 0,7)
Слабосолонцюваті	2,6 – 3,5	3-5	0,95 (1-0,6)
Середньосолонцюваті	3,6 – 6,0	5-10	0,50 (0,8-0,2)
Сильносолонцюваті	Більше 6,1	10-15	0,25 (0,5-0,0)
Солонці		>15	0

1) За національним стандартом (ДСТУ 7300:2013 «Класифікація ґрунтів. Терміни та визначення понять» [2].

2) Для малогумусних ґрунтів (чорноземів південних, каштанових ґрунтів) за класифікацією ґрунтів 1977 року (використовувалася у старих джерелах).

3) за С. Ф. Неговєловим і В. Ф. Вальковим (у дужках зазначені можливі коливання рівня родючості у залежності від вмісту солей та інших факторів).

З 1.01.2000 р. уведений в дію новий стандарт України – ДСТУ 3866-99 „Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної (іригаційної) солонцюватості” (табл. 17). За новою класифікацією ступінь солонцюватості визначається у залежності від гранулометричного складу, а також від буферності ґрунтів, яка у свою чергу визначається за вмістом карбонату кальцію і активністю іонів кальцію (a_{Ca}).

Таблиця 17. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості (за ДСТУ 3866-99)

Ступінь вторинної солонцюватості	Буферність ґрунтів					
	низька		середня		висока	
	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa
Важкі за гранулометричним складом ґрунти						
Несолонцюваті	<1	>1,65	<3	>1,35	<5	>1,05
Слабо-солонцюваті	1-3	1,65-1,35	3-6	1,35-0,87	5-10	1,05-0,50
Середньо-солонцюваті	3-6	1,35-0,87	6-10	0,87-0,50	10-15	0,50-0,35
Сильно-солонцюваті	>6	<0,87	>10	<0,50	>15	<0,35

Таблиця 17. Продовження

Ступінь вторинної солонцюватості	Буферність ґрунтів					
	низька		середня		висока	
	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa	Увібрані Na+K, %	pNa–0,5pCa
Легкі за гранулометричним складом ґрунти						
Несолонцюваті	<3	>1,35	<5	>1,05	<6	>0,87
Слабо-солонцюваті	3-6	1,35-0,87	5-10	1,05-0,50	6-12	0,87-0,44
Середньо-солонцюваті	6-10	0,87-0,50	10-15	0,50-0,35	12-16	0,44-0,27
Сильно-солонцюваті	>10	<0,50	>15	<0,35	>16	<0,27

Примітка

Низькобуферні ґрунти – вміст $CaCO_3$ менше 2%, a_{Ca} менше 7 мг-екв/л.
Середньобуферні ґрунти – вміст $CaCO_3$ менше 2%, a_{Ca} від 7 до 11 мг-екв/л;
Високобуферні ґрунти – вміст $CaCO_3$ понад 5%, a_{Ca} понад 11 мг-екв/л.

2.8. Регулювання кислотно-основних властивостей і складу увібраних катіонів

Кислі ґрунти, що ненасичені основами, а також лужні солонцюваті ґрунти, що мають у ґрунтовому вбирному комплексі більше 3% вбирного натрію, характеризуються низкою несприятливих для росту і розвитку сільськогосподарських культур властивостей. Так, солонцюваті ґрунти, солонці (солонцеві горизонти) у сухому стані дуже щільні, а при зволоженні розпливаються в безструктурну клейку і грузлу масу. Унаслідок сильної в'язкості солонці дуже довго не просихають, а коли просохнуть, знову стають щільними, погано вбирають воду. Присутність у вбирному комплексі солонцюватих ґрунтів натрію обумовлює їхню високу лужність внаслідок утворення в ґрунтовому розчині соди, дуже шкідливої для культурних рослин.

Прийоми регулювання катіонного складу ґрунтового вбирного комплексу, який визначає кислу чи лужну реакцію, розроблені К.К.Гедройцем. Це внесення кальцій-утримуючих з'єднань[1] – вапнування кислих і гіпсування лужних ґрунтів.

[1] Кальцій є хімічним аналогом стронцію, у тому числі ^{90}Sr, що з'являється в ґрунті при його радіонуклідному забрудненні. Збагачення ґрунту Ca^{2+} шляхом вапнування сприяє зменшенню надходження ^{90}Sr у рослини. У зв'язку з цим вапнування рекомендують проводити в зоні радіоактивного забруднення.

Для боротьби з кислотністю ґрунтів проводять вапнування.

На ненасичених ґрунтах для нейтралізації природної кислотності та підкислювального впливу фізіологічно кислих добрив застосовуються вапнякові матеріали. Їхні основні властивості, особливості дії та застосування наведені в табл. 32.

Потребу у вапнуванні ґрунту визначають з урахуванням його кислотності, ступеня насиченості основами, гранулометричного складу та особливостей вирощуваних сільськогосподарських культур (табл. 18-20).

Таблиця 18. Визначення потреби ґрунтів у вапнуванні (за М. Ф. Корніловим)

Ступінь насиченості основами, %	Потреба ґрунтів у вапнуванні
Нижче 50	Сильно потребують
50—70	Потреба середня
70—80	Потреба незначна
Більше 80	Не потребують

Таблиця 19. Потреба у вапнуванні різних ґрунтів під плодовими та ягідними насадженнями (за М. Ф. Корніловим)

Гранулометричний склад ґрунтів	Потреба у вапнуванні							
	Сильна		Середня		Слабка		Відсутня	
	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %	pH_{KCl}	V, %
Важкий і середній суглинок	<5,0	<45	5,0-5,5	45-60	5,5-6,0	60-70	>6,0	>70
	<4,5	<50	4,5-5,0	50-65	5,0-5,5	65-75	>5,5	>75
	<4,0	<55	4,0-4,5	55-70	4,5-5,0	70-80	>5,0	>80
Легкий суглинок	<5,0	<35	5,0-5,5	35-55	5,0-6,0	55-65	>6,0	>65
	<4,5	<40	4,5-5,0	40-60	5,0-5,5	60-70	>5,5	>70
	<4,0	<45	4,0-4,5	45-55	4,5-5,0	65-75	>5,0	>75
Супіщаний і піщаний	<5,0	<30	5,0-5,5	30-45	5,5-6,0	45-55	>6,0	>55
	<4,5	<35	4,5-5,0	35-50	5,0-5,5	50-60	>5,5	>60
	<4,0	<40	4,0-4,5	40-55	4,5-5,0	55-65	>5,0	>65

Механізм меліорації кислих ґрунтів із застосуванням вапна такий. Внесене вуглекисле вапно ($CaCO_3$) при наявності надлишку вуглекислоти переходить у розчинний $Ca(HCO_3)_2$, що взаємодіє з ґрунтом за наступною схемою:

$$[ГВК^{2-}]\ 2H^+ + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow [ГВК^{2-}]\ Ca^{2+} + 2H_2O + 2CO_2\uparrow$$

Ґрунтовий вбирний комплекс насичується Ca^{2+}, а ґрунтова кислотність нейтралізується.

Дозу вапна (**D**, т/га) розраховують за величиною гідролітичної кислотності:

$$\mathbf{D}CaCO_3 = H_г \cdot 0{,}05 \cdot h \cdot d_v,$$

де $H_г$ величина гідролітичної кислотності в мг-екв/100 г ґрунту;

0,05 — коефіцієнт для перерахування на $CaCO_3$ (для CaO він дорівнює 0,028);

h — потужність шару, що меліорується, см;

d_v — щільність шару ґрунту, що меліорується, г/см^3.

На основі чітких кореляційних залежностей між pH сольової витяжки і гідролітичною кислотністю розроблені таблиці, що дозволяють визначати дози вапна, використовуючи значення pH_{KCl} без показників гідролітичної кислотності (табл. 20).

Таблиця 20. Дози вапна, т/га, у залежності від pH_{KCl}

Гранулометричний склад	**pH_{KCl}**					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-5,5
Піщаний	2,5	2,1	1,6	1,3	1,0	0,7-0,5
Супіщаний	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2-1,0
Легкосуглинистий	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Середньосуглинистий	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
Важкосуглинистий	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5
Глинистий	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5

У розрахункову дозу вапна повинні бути внесені виправлення на процентний уміст діючої речовини, вологість і тонкість помелу вапняного матеріалу (табл. 21).

Таблиця 21. Основні властивості, особливості дії і застосування вапняних добрив

Вапнякови й матеріал	Спосіб виготов-лення	Загальний вміст $CaCO_3$ + $MgCO_3$ у перерахунку на $CaCO_3$, %	Форма вапняко-вого меліорант а	Вологість, %. Дія і спосіб застосування
1	***2***	***3***	***4***	***5***
Вапнякові матеріали промислового виробництва				
Мелений вапняк	Розмелювання твердих вапняків	85-100	$CaCO_3$	<12%. Основний меліорант під усі культури Дія порівняно повільна. Ефективність підвищується при зменшені грубизни розмелу

Таблиця 20. Продовження

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Мелений доломіт Доломітове борошно	Розмелювання доломіту. Добування з природних пухких покладів	85-100 95-108	$CaCO_3$ до 56% + $MgCO_3$ до 42%	<12%. Дія дещо повільніша, ніж вапняного борошна. <16%. Особливо ефективні на легких ґрунтах, бідних на магній.
Мергель	З пухких покладів	25-75	$CaCO_3$, інколи домішки $MgCO_3$	<12%. Дія повільна. Ефективний на легких ґрунтах. Перетворюється на розсипчастий матеріал під впливом води і морозу
Мелена крейда	Розмелювання твердої крейди	90-100	$CaCO_3$	<12%. Дія дещо швидша, ніж меленого вапняку. Застосовується на всіх кислих ґрунтах.
Негашене вапно	Випалювання твердих вапняків	~178	CaO	Сильна і швидка дія. Розмелене вапно вносять у ґрунт безпосередньо.
Гашене вапно	Гашення водою або обкладання сирим ґрунтом	~135	$Ca(OH)_2$	У перші 1-2 роки дія сильніша, ніж вапняного борошна. Особливо ефективне на глинистих і неефективне на супіщаних і піщаних слабогумусованих ґрунтах.
Вапнякові відходи промисловості				
Дефекат	Відходи цукрових заводів	~70%	$CaCO_3$ з домішками $Ca(OH)_2$	~ 40-50%. Дія ефективна і швидка. Містить 0,3-0,5% азоту, 1-2% фосфору, 0,6-0,9% калію і до 15% органічних речовин. У старих звалищах перебуває у стані сухого порошку; свіжий необхідно підсушувати.
Цементний пил	Відходи цементних заводів	~ 86	CaO, $Ca(OH)_2$ у складі силікатів	0-2%. Дія слабкіша, ніж вапняного борошна. У сухому стані пилує, а при зволоженні злежується і цементується. Містить до 0,5% магнію, 2-4% сірки та інколи до 40% калію.
Відходи вапнякових і доломітових кар'єрів		$CaCO_3$ – 45-90 $MgCO_3$ – до 50	$CaCO_3$ і $MgCO_3$	Використовують як вапняне чи доломітове борошно. Необхідно просіювати через сито з діаметром отворів 0,3-0,5 мм.

Солонцеві лужні ґрунти гіпсують

Дозу гіпсу для хімічної меліорації солонцюватих ґрунтів визначають розрахунковими методами з урахуванням властивостей ґрунту, насамперед ступеня солонцюватості, вмісту обмінного натрію, ємності катіонного обміну, гранулометричного складу та глибини меліорованого шару. Залежно від вихідних показників і мети меліорації застосовують різні формули розрахунку дози гіпсу; тому універсальної дози, придатної для всіх ґрунтів, немає.

Для лужних солонцевих ґрунтів доза хімічного меліоранта (гіпсу), як правило, обумовлена кількістю Ca^{2+}, що забезпечує заміну вбирного Na^+ і нейтралізацію надлишкової лужності:

$$[ППК^{2-}]\ 2Na^+ + CaSO_4 \leftrightarrow [ППК^{2-}]\ Ca^{2+} + Na_2SO_4;$$
$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \leftrightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4.$$

Одним з методів розрахунку доз гіпсу для меліорації лужних (солонцевих) ґрунтів є метод, що використовує вміст у ґрунті вбирного Na^+, рівного загальному вмісту вбирного Na^+ мінус три його відсотки[2] від ємності катіонного обміну (E), оскільки вміст вбирного Na^+ <3% від E не викликає[3] несприятливих солонцевих властивостей ґрунтів:

$$DCaS0_4{\cdot}2H_2O = (Na^+ - 0{,}03E) \cdot 0{,}086 \cdot h \cdot d_v, \quad \text{де}$$

$\boldsymbol{DCaS0_4{\cdot}2H_2O}$ — доза гіпсу, т/га;

$\boldsymbol{(Na^+ - 0{,}03E)}$ — активний натрій, що перевищує межу 3% від ємності катіонного обміну (E — ємність катіонного обміну; Na^+ — вбирний натрій), мг-екв/100 г ґрунту;

0,086 — коефіцієнт для перерахування на $CaS0_4 \cdot 2H_2O$;

$\boldsymbol{h}$ — потужність шару, що меліорується, см;

$\boldsymbol{d_v}$ — щільність, г/см^3.

Для хімічної меліорації солонцюватих ґрунтів застосовують, як правило, **гіпс** ($CaSO_4{\cdot}H_20$), який містить у своєму складі до 79 % сульфату кальцію і до 21 % кристалізаційної води, а також **фосфогіпс** – відходи хімічної промисловості з вмістом 70-75 % гіпсу, 2-3% сполук фосфору, по 3% заліза та алюмінію, а також 5-6 % глини і 15 % води.

Гіпс вносять переважно під основний обробіток ґрунту, рівномірно розподіляючи по поверхні та перемішуючи з меліорованим шаром. У Степу

---

[2] *Мається на увазі, що в ґрунті залишиться 3% вбирного натрію.*

[3] *Для слабогумусованих ґрунтів при збільшенні частки вбирного натрію до 2–3% характерні деструктивні процеси – погіршення структурного стану, ознаки лесиважу. Слабо буферні ґрунти є солонцюваті при частці вбирного натрію 1% (табл. 34). Тому у формулі розрахунку дози меліоранта у відповідних випадках потрібно використовувати критичне значення „1% вмісту вбирного натрію”.*

його часто застосовують під час обробітку чистого пару. Найкращий строк визначають з урахуванням системи землеробства, вологості ґрунту та можливості подальшого промивання. Ефективність гіпсування залежить від правильності розрахунку дози, властивостей і дисперсності меліоранту, глибини його загортання, зволоження та умов відведення промивних вод. Поліпшення властивостей ґрунту може бути тривалим, однак результат оцінюють за змінами вмісту обмінного натрію, засоленості, структури й водопроникності ґрунту, а також за реакцією сільськогосподарських культур.

Контрольна задача 3.1

За наведеними даними оцінити ґрунти за показниками *pH*. Визначити потребу дерново-підзолистих ґрунтів у вапнуванні та необхідну дозу меліоранта за величиною pH_{KCl}.

Ґрунти	pH_{H2O}	pH_{KCl}	Ступінь насиченості основами, %
Чорноземи південні	7,9	не визн.	–
Дерново-підзолисті середньосуглинисті	5,7	4,7	48

Вирішення задачі.

Чорноземи південні із значенням pH_{H2O} 7,9 характеризуються помірнолужною реакцією. Такий рівень лужності оптимальний для пшениці, люцерни, томатів. Лужні ґрунти насичені основами. У такій ситуації (ґрунти не є кислими) pH_{KCl} не визначається.

Дерново-підзолисті середньосуглинисті ґрунти із показником pH_{H2O} 5,7 і pH_{K2O} *4,7* є середньокислими. Такий рівень *pH* оптимальний для жита, картоплі, льону, люпину. При насиченості основами 48% ґрунти мають сильну потребу у вапнуванні. Доза вапна для середньосуглинистих ґрунтів (табл. 19) у залежності від показника pH_{KCl}, який дорівнює 4,7 одиниць, становить біля 5 т/га.

Контрольна задача 3.2

За наведеними результатами визначення вбирних основ і гідролітичної кислотності розрахувати ємність поглинання, ступінь насичення ґрунтів основами і норму вапна для меліорації ґрунтів. Шар ґрунту, що підлягає меліорації, 30 см. Щільність ґрунтів 1,3 г/см^3.

Ґрунти	Вбирні основи, мг-екв / 100г ґрунту		Гідролітична кислотність, мг-екв / 100г ґрунту
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
Темно-сірі лісові	11,50	3,58	1,92

Вирішення задачі.

Ємність поглинання є сумою вбирних основ ($\sum_{Ca,\ Mg}$ = 11,50 + 3,58 = 15,08 мг-екв/100г ґрунту) та гідролітичної кислотності (дорівнює 1,92 мг-екв):

$$E = S + H = 11{,}50 + 3{,}58 + 1{,}92 = 17{,}0 \text{ мг-екв/100г ґрунту},$$

Ступінь насиченості основами або частка вбирних основ від ємності поглинання:

$$V = S / E \cdot 100 = 15{,}08 / 17{,}00 \cdot 100 = 89\%,$$

Дозу вапна розраховують за показником гідролітичної кислотності:

$$\boldsymbol{D}CaCO_3 = H \cdot 0{,}05 \cdot h \cdot d_v = 1{,}92 \cdot 0{,}05 \cdot 30 \cdot 1{,}3 = 3{,}74 \text{ т/га},$$

де $\boldsymbol{D}CaCO_3$ – доза вапна для меліорації кислих ґрунтів, т/га;

H – гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту;

0,05 – коефіцієнт для перерахунку на $CaCO_3$ (для CaO він дорівнює 0,028);

h – потужність шару, що підлягає меліорації (у задачі дорівнює 30), в см;

d_v – щільність ґрунту (у задачі дорівнює 1,3), г/см^3.

Розрахункова доза вапна повинна бути відкоректована на процентний вміст діючої речовини у меліоранті, вологість і тонкість помелу вапняного матеріалу (табл. 20).

Контрольна задача 3.3

За наведеними результатами аналізу складу ґрунтового вбирного комплексу визначити ступінь солонцюватості ґрунтів і розрахувати дозу гіпсу для їх меліорації. Шар ґрунту, що підлягає меліорації, 30 см. Щільність ґрунтів 1,3 г/см^3

Ґрунти	Вбирні основи, мг-екв / 100г ґрунту		
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}
Чорноземи південні	16,50	5,58	1,92

Вирішення задачі.

Сума вбирних основ (сума вбирних Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}) дорівнює:

$$16{,}50 + 5{,}58 + 1{,}92 = 24{,}0 \text{ мг-екв/100г ґрунту}.$$

Частка вбирного натрію становить:

$$X = Na / S \cdot 100 = 1{,}92 / 24{,}0 \cdot 100 = 8\%,$$

Чорноземи південні відносяться до слабогумусованих ґрунтів і, отже, вони з відносним вмістом натрій-іону 8% є середньосолонцюваті (див. табл. 33).

Розрахунок дози гіпсу

Доза гіпсу для гіпсування ґрунтів за наведеними даними дорівнює:

$$\boldsymbol{D}CaSO_4 \cdot 2H_2O = (1{,}92 - 0{,}03 \cdot 24{,}0) \cdot 0{,}086 \cdot 30 \cdot 1{,}3 = 4 \text{ т/га},$$

2.9. Оцінка ролі природного вапна у ґрунті

Карбонатність ґрунтів, зумовлена наявністю $CaCO_3$ у поверхневих горизонтах, може негативно впливати на сільськогосподарські культури. Перш за все, вона зумовлює погіршення умов мінерального живлення культур. На карбонатних ґрунтах за підвищеного вмісту вапна деякі елементи живлення, зокрема фосфор, залізо, цинк переходять у важкорозчинний стан. До того ж порівняно висока концентрація кальцію в живильному середовищі внаслідок антагонізму іонів перешкоджає засвоєнню рослинами інших елементів живлення, у тому числі калію, двовалентного заліза, цинку, бору.

Вміст у кореневмісному шарі 5-10% вапна призводить до виникнення у плодових культур хлорозу внаслідок нестачі для живлення заліза. Найстійкіші до цього фізіологічного захворювання кісточкові плодові культури, насамперед абрикос та слива, а також вишня і черешня. Менш стійкі яблуня і груша. Досить негативно реагують на карбонатність ґрунтів усі ягідні культури. Для насіннячкових і ягідних культур граничним вмістом вапна в кореневмісному шарі ґрунту вважається 5-6 %, а для кісточкових – 8-9 %. При вищому вмісті вапна дуже ймовірне захворювання рослин на хлороз. Однак в чорноземах, у яких гумусовий горизонт досягає 60-80 см і більше, насіннячкові породи задовільно ростуть і плодоносять при вмісті вапна 20-30 %, а кісточкові – 30-40 %, тоді як на менш глибоких карбонатних чорноземах дерева інколи хворіють на хлороз і навіть гинуть при вмісті вапна 15-20 %.

Захворювання рослин візуально може бути непомітним на ґрунтах із вмістом $CaCO_3$ менше 5 %, однак при вмісті вапна 2-5 % рослини значно зменшують продуктивність, особливо при мікрогумусності (вміст гумусу менш 2 %) і підвищеній лужності ґрунту (pH > 8).

Ймовірність захворювання хлорозом на карбонатних ґрунтах зростає з підвищенням активності іонів кальцію в живильному середовищі. Критичними рівнями активності іонів в кореневмісному шарі ґрунту одні дослідники вважають 8,7 мг-екв/л (Крупський та ін., 1969), а інші – 4,6 мг-екв/л (Просянников, Карпенчук, 1982).

2.10. Визначення ступеня засолення ґрунтів

Засоленими ґрунти називаються тому, що містять у поверхневому чи більш глибоких горизонтах водорозчинні солі в кількостях, шкідливих для

нормального розвитку рослин. За ступенем засолення ґрунти поділяються на слабо-, середньо-, сильно-, і дуже сильнозасолені. Передбачається, що на слабозасолених ґрунтах врожай культур у середньому знижується до 25%, на середньозасолених до 50%, на сильнозасолених до 75% і на дуже сильнозасолених до 100 %.

При встановленні ступеня засолення і придатності засолених ґрунтів для посіву сільськогосподарських культур варто врахувати, у першу чергу, склад солей, тому що вони діють на рослини неоднаково. Найбільш шкідливі карбонати, хлориди і сульфати натрію, з яких самий токсичний – карбонат натрію. Максимально допустимий вміст у ґрунті соди 0,005%. До шкідливих солей відносять також бікарбонат натрію ($NaHCO_3$), хлорид і сульфат магнію ($MgCl_2$ і $MgSO_4$) і хлорид кальцію ($CaCl_2$).

Хімізм або тип засолення установлюють виходячи зі співвідношення іонів легкорозчинних солей, що визначаються при аналізі водної витяжки ґрунтів (табл. 22).

Градації ступеня засолення ґрунтів встановлюються в залежності від типів засолення і визначаються за вмістом солей у відповідних горизонтах (табл. 23).

Таблиця 22. Поділ ґрунтів за типом (хімізмом) засолення (Польовий визначник ґрунтів, 1981)

Тип засолення	Співвідношення, мг-екв.			Співвідношення катіонів, мг-екв/100г ґрунту.
	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^-}$	$\frac{HCO_3^-}{SO_4^{2-}}$	
Хлоридний	>2	–	–	
Сульфатно-хлоридний	2 – 1	–	–	
Хлоридно-сульфатний	1 – 0,2	–	–	
Сульфатний	<0,2	–	–	
Содово-хлоридний	>1	<1	>1	HCO_3^- більше, ніж
Содово-сульфатний	<1	>1	<1	Ca^{2+} і Mg^{2+}
Хлоридно-содовий	>1	>1	>1	—
Сульфатно-содовий	<1	>1	>1	
Сульфатно- або хлоридно-гідрокарбонатний	–	>1	>1	Na^+ менше, ніж Ca^{2+} і Mg^{2+}; HCO_3^- більше Na^+

Характер розподілу легкорозчинних солей у профілі ґрунтів різний. Найбільш шкідливі солі, що містяться в кореневмісному шарі. Таким чином, ступінь засолення ґрунтів буде визначатися не тільки хімізмом солей і їхньою кількістю, але також і глибиною сольового горизонту. Сольовим горизонтом називають шар ґрунту, який має більше 0,2% легкорозчинних солей при хлоридному чи сульфатно-хлоридному типах засолення, більше 0,3% при сульфатному і хлоридно-сульфатному засоленні і менше 0,1% при содовому засоленні.

Таблиця 23. Класифікація ґрунтів за ступенем засолення (Польовий визначник ґрунтів, 1981)

(сухий залишок в %; у дужках сума токсичних солей, %)

Тип засолення	Ступінь засолення при відповідному вмісті солей			
	слабкий	**середній**	**сильний**	**дуже сильний**
Хлоридний	0,15–0,3 (0,03-0,1)	0,3–0,5 (0,1-0,3)	0,5–0,8 (0,3-0,6)	>0,8 (>0,6)
Сульфатно-хлоридний	0,2–0,3 (0,05-0,12)	0,3–0,6 (0,12-0,35)	0,6–1,0 (0,35-0,7)	>1,0 (>0,7)
Хлоридно-сульфатний	0,2–0,4 (0,1-0,25)	0,4–0,6 (0,25-0,5)	0,6–1,4 (0,4-0,9)	>1,4 (>0,9)
Сульфатний	0,3–0,6 (0,15-0,3)	0,6–1,0 (0,3-0,6)	1,0-2,0 (0,6-1,4)	>2,0 (>1,4)
Хлоридно-содовий і содово-хлоридний	0,1–0,2 (0,1-0,15)	0,2–0,3 (0,15-0,3)	0,3–0,5 (0,3-0,5)	>0,5 (>0,5)
Сульфатно-содовий і содово-сульфатний	0,15–0,25 (0,15-0,25)	0,25–0,4 (0,25-0,35)	0,4–0,6 (0,35-0,6)	>0,6 (>0,6)
Сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатний	0,2–0,4 (0,15-0,3)	0,4–0,5 (0,3-0,5)	Не зустрічається	

За глибиною залягання сольового горизонту від денної поверхні виділяють ґрунти:

Назва	незрошувані	зрошувані
солончакові	0-30	0-50
солончакуваті	30-80	50-100
глибокосолончакуваті	80-150	-
глибокозасолені	>150	100-200

2.11. Визначення ступеня засолення ґрунтів на підставі розрахунку токсичних солей

Негативно на рослини впливають лише токсичні солі – Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $NaHCO_3$, Na_2SO_4, $MgSO_4$, NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$. Нетоксичними є $Ca(HCO_3)_2$ і $CaSO_4$. Тому оцінювати ступінь засолення доцільно за наявністю в ґрунті тільки токсичних солей. Дуже приблизне уявлення про їх кількість у водній витяжці дає емпірична формула:

$$T = \frac{(Na + Mg) \times 2}{30}$$, де

T – кількість токсичних солей, %; Na + Mg – сума іонів Na^+ і Mg^{2+} у водній витяжці, мг-екв/100г ґрунту.

Більш точний результат дає метод, запропонований Н.І.Базилевич і О.І.Панковою, за яким розраховуються так звані „гіпотетичні солі”. Для цього способом послідовного зв’язування іонів, концентрації яких виражені в мг-екв/100 г ґрунту, компонують солі: Na_2CO_3, $MgCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, $NaCO_3$, $CaSO_4$, Na_2SO_4, $MgSO_4$, NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$. Спочатку зв’язують іони CO_3^{2-} (якщо вони присутні) у токсичні солі Na_2CO_3 і $MgCO_3$. Потім іони HCO_3^- послідовно зв’язують з Ca^{2+} і рештками Mg^{2+} і Na^+. З рештками Ca^{2+}, Mg^{2+} і Na^+ зв’язують іони SO_4^{2-}. Іони Cl^- послідовно зв’язують з рештками іонів Na^+, Mg^{2+} і Ca^{2+}.

Нижче запропоновані формули, за якими розрахунок гіпотетичних солей по профілю ґрунтів (в 15 горизонтах) можна провести на сторінці Excel. Відзначені формули охоплюють рядки 2 – 16 (у першому рядку записані назви іонів і гіпотетичних солей). Дані, за якими проводиться розрахунок, заносяться у стовпці A – G. Результати читаються у стовпцях H – P.

A	B	C	D	E	F	G	H	J	I	K	L	M	N	O	P
CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na	Na_2CO_3	$Ca(HCO_3)_2$	$Mg(HCO_3)_2$	$NaHCO_3$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	NaCl	$MgCl_2$
Вписати дані							За наведеними формулами розраховуються гіпотетичні солі								

Формули, які охоплюють рядки 2-16 по відповідних стовпцях сторінки Excel

Стовпець	**Формула (у прикладі для рядків 2-16)**
H	=ЕСЛИ(A2:A16>0;A2:A16*2)+ЕСЛИ(A2:A16=0;0)
J	=ЕСЛИ(B2:B16<=E2:E16;B2:B16*2)+ЕСЛИ(B2:B16>E2:E16;E2:E16*2)
I	=ЕСЛИ(B2:B16-I2:I16/2<=F2:F16;(B2:B16-I2:I16/2)*2)+ЕСЛИ(F2:F16<B2:B16-I2:I16/2;F2:F16*2)
K	=ЕСЛИ(B2:B16>=(I2:I16+J2:J16)/2;(B2:B16-(I2:I16+J2:J16)/2)*2)
L	=ЕСЛИ(E2:E16-I2:I16/2<=D2:D16;(E2:E16-I2:I16/2)*2)+ЕСЛИ(E2:E16-I2:I16/2>D2:D16;D2:D16*2)
M	=ЕСЛИ(D2:D16-L2:L16/2>=G2:G16-A2:A16;(G2:G16-A2:A16)*2)+ЕСЛИ(D2:D16-L2:L16/2<G2:G16-A2:A16;(D2:D16-L2:L16/2)*2)
N	=ЕСЛИ(F2:F16-J2:J16/2<=D2:D16-(L2:L16+M2:M16)/2;(F2:F16-J2:J16/2)*2)+ЕСЛИ(D2:D16-(L2:L16+M2:M16)/2<F2:F16-J2:J16/2;(D2:D16-(L2:L16+M2:M16)/2)*2)
O	=ЕСЛИ(G2:G16-(H2:H16+M2:M16)/2>=C2:C16;C2:C16*2)+ЕСЛИ(G2:G16-(H2:H16+M2:M16)/2<C2:C16;(G2:G16-(H2:H16+M2:M16)/2)*2)
P	=ЕСЛИ(C2:C16-O2:O16/2>0;(C2:C16-O2:O16/2)*2)+ЕСЛИ(C2:C16=0;0)

Ступінь засолення ґрунтів визначають за класифікацією, наведеною в ДСТУ 7300:2013, з урахуванням умісту токсичних водорозчинних солей і типу засолення. Градації ступеня засолення за цими показниками наведено в таблиці 24.

Таблиця 24. Градації ступеня засолення ґрунтів з урахуванням вмісту токсичних водорозчинних солей

Ступінь засолення (вид ґрунту відповідно до ДСТУ 7300:2013)	Хлоридне	Сульфатно-хлоридне	Хлоридно-сульфатне	Сульфатне або хлоридно-карбонатне	Содово-хлоридне та хлоридно-содове	Содово-сульфатне та сульфатно-содове
Незасолений	< 0,03	< 0,05	< 0,1	< 0,15	< 0,1	< 0,15
Слабозасолений	0,03—0,1	0,05—0,12	0,1—0,25	0,15—0,3	0,1—0,15	0,15—0,25
Середньозасолений	0,1—0,3	0,12—0,35	0,25—0,5	0,3—0,6	0,15—0,3	0,25—0,35
Сильнозасолений	0,3—0,6	0,35—0,7	0,5—0,9	0,6—1,4	0,3—0,5	0,35—0,6
Дуже сильно засолений та солончак	> 0,6	> 0,7	> 0,9	> 1,4	> 0,5	> 0,6

Контрольна задача 3.4

За наведеними результатами аналізу водної витяжки визначити тип і ступінь засолення ґрунтів.

Ґрунти	Глибина накопичення солей	Сухий залишок, %	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}
			мг-екв/ 100г ґрунту				
1	40 - 60	0,65	0,7	0,9	7,9	2,3	1,9
2	0 - 20	Не визначали	0,5	3,8	2,1	1,8	3,0

Вирішення задачі

Перший ґрунт

У відповідності до класифікації ґрунтів за типом засолення (табл. 33) перший ґрунт має сульфатний тип засолення (переважаючими є Cl^- і SO_4^{-2}. Розраховане співвідношення $Cl^- / SO_4^{-2} = 0,9 / 7,9 = 0,1$. Отриманий результат менше 0,2).

У відповідності до класифікації ґрунтів за ступенем засолення (табл. 22) при сульфатному типі засолення і вмісті легкорозчинних солей 0,65% ґрунт є середньозасоленим.

За глибиною накопичення легкорозчинних солей перший ґрунт є середньосолончакуватий.

Другий ґрунт

У другому ґрунті невідомий вміст легкорозчинних солей у відсотках до маси ґрунту.

Вміст легкорозчинних солей визначається за сумою вмісту окремих іонів. Схема розрахунків повинна бути така:

► У наведених результатах аналізу водної витяжки сума аніонів не відповідає сумі катіонів через відсутність даних вмісту натрій-іону. Дотримуючись правила, що сума аніонів (у мг-екв) повинна відповідати сумі катіонів (у мг-екв), розраховуємо вміст натрій-іону:

$$Na^+, \text{ мг-екв/100г ґрунту} = \sum_{HCO3,\ Cl,\ SO4} - \sum_{Ca,\ Mg} =$$
$$= (0{,}5 + 3{,}8 + 2{,}1) - (1{,}8 + 3{,}0) = 1{,}6.$$

► Вміст відповідного іона у відсотках розраховується за формулою:

$$I_{,\%} = I_м \cdot EM / 1000,$$

де $I_м$ – вміст іона в мг-екв/100г ґрунту,

EM – еквівалентна маса іона:

Іон	CO_3^{-2}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+
EM	30	61	35	48	20	12	23

► Розраховуємо вміст окремих іонів у відсотках:

$HCO_3^- = 0{,}5 \cdot 61 / 1000 = 0{,}0305\%$
$Cl^- = 3{,}8 \cdot 35 / 1000 = 0{,}1330\%$
$SO_4^{-2} = 2{,}1 \cdot 48 / 1000 = 0{,}1008\%$
$Ca^{+2} = 1{,}8 \cdot 20 / 1000 = 0{,}0360\%$
$Mg^{+2} = 3{,}0 \cdot 12 / 1000 = 0{,}0360\%$
$Na^+ = 1{,}6 \cdot 23 / 1000 = 0{,}0368\%$

► Розраховуємо загальний вміст легкорозчинних солей за сумою окремих іонів:

$$\boldsymbol{C = \sum I_{,\%}} = 0{,}337\ \%.$$

► Отже, другий ґрунт при вмісті легкорозчинних солей 0,34% у горизонті 0–20 см і сульфатно-хлоридному типі засолення ($Cl^- / SO_4^{-2} = 3{,}8/2{,}1 = 1{,}8$) відноситься до середньосолончакових.

Розрахунок гіпотетичних солей дав такі результати:

Грунт	Гіпотетичні солі, мг-екв/100г грунту					
	$Ca(HCO_3)_2$	$CaSO_4$	Na_2SO_4	$MgSO_4$	NaCl	$MgCl_2$
1	1,40	3,20	10,60	2,00	0	1,80
2	1,00	2,60	1,60	0	1,60	6,00

Вміст токсичних солей, % до маси ґрунту:

у першому ґрунті: $Na_2SO_4 = 10{,}60 \cdot (23 + 48) / 2 / 1000 = 0{,}376\%$
$MgSO_4 = 2{,}00 \cdot (12 + 48) / 2 / 1000 = 0{,}060\%$
$MgCl_2 = 1{,}80 \cdot (12 + 35) / 2 / 1000 = 0{,}042\%$
Разом = 0,48%.

За вмістом токсичних солей (0,48%) перший ґрунт є середньозасоленим (див. табл. 34).

У другому ґрунті: $Na_2SO_4 = 1,60 \cdot (23 + 48) / 2 / 1000 = 0,057\%$

$NaCl = 1,60 \cdot (23 + 35) / 2 / 1000 = 0,046\%$

$MgCl_2 = 6,00 \cdot (12 + 35) / 2 / 1000 = 0,141\%$

Разом = 0,24%.

За вмістом токсичних солей (0,24%) другий ґрунт також є середньозасоленим.

2.12. Оцінка продуктивності засолених ґрунтів

Сільськогосподарські культури мають різну солестійкість. З овочевих культур найбільше солестійкий буряк, значно уступають їй томати і баклажани, і найнижча солестійкість у перцю і гороху овочевого. Солестійкість польових культур зменшується в наступному порядку: соняшник, кукурудза на силос, кукурудза на зерно, озима пшениця. Люцерна характеризується приблизно такою же солестійкістю як томати і кукурудза на силос. Картопля витримує засолення не більш 0,1%. Плодові погано переносять засолення; найбільш витривалі з них груша, виноград, інжир. Із токсичних солей на мінеральне живлення і продуктивність плодових культур найбільше впливають карбонати натрію і магнію, менше – хлориди, і ще менше – сульфати цих елементів. Порушення умов кореневого живлення плодових культур виявлятися при вмісті в ґрунті під садом гідрокарбонатів натрію і магнію 0,2-0,3, хлоридів – 1-1,5, сульфатів натрію і магнію – 3-4 і суми токсичних солей – 4-6 мг-екв на 100 г ґрунту.

Для оцінки умов кореневого живлення плодових культур в залежності від концентрації солей на різній глибині профілю ґрунту під садами можна користуватися орієнтовними показниками, наведеними в табл. 25-26.

Таблиця 25. Критичний вміст лужних токсичних солей (гідрокарбонатів натрію і магнію), що негативно впливають на плодові культури на різних підщепах (за В. Ф. Івановим)

Порода	Підщепа	Вміст лужних солей, мг-екв на 100 г ґрунту			
		Загальна лужність (HCO_3^{2-})	Na_2CO_3	$NaHCO_3$	$Mg(HCO_3)_2$
Черешня	Черешня	0,60	не допустимо		< 0,20
Яблуня	Дика лісова яблуня	0,80	те саме	< 0,20	< 0,20
Груша	Дика лісова груша	0,80	те саме	< 0,20	< 0,20
Слива	Алича	1,00	< 0,05	< 0,25	< 0,25

Таблиця 26. Групування ґрунтів для вирощування плодових культур в залежності від вмісту нейтральних токсичних солей (сульфатів та хлоридів натрію і магнію), мг-екв / 100 г ґрунту (за С. Ф. Негофєловим).

Група	Солі	Вміст солей по профілю в незрошуваних насадженнях				Умови для вирощування плодових культур
		0-100 см	100-160 см	160-200 см	200-300 см	
1	сульфати	2	2	2	2	Добрі для вирощування всіх плодових культур
2	сульфати	2	2	2	2-3	Задовільні для вирощування всіх плодових культур
	хлориди	0,3	0,3	0,3	0,3	
3	сульфати	2	2-2,5	2-3	3-3,5	Задовільні для кісточкових порід, крім черешні; незадовільні для зерняткових
	хлориди	0,3	0,3	0,3	0,3-0,5	
4	сульфати	2	3	5	5	Непридатні для вирощування всіх плодових культур

Для орієнтовного визначення ступеня зниження врожаю деяких культур при тому чи іншому вмісті легкорозчинних солей можна використовувати рівняння (табл. 27).

Таблиця 27. Рівняння для визначення величини зниження врожаю сільськогосподарських культур через засолення ґрунтів (Скуртул, 1980).

Культура	Рівняння (*У* - врожай у % від того, що отримується на незасолених ґрунтах; *х* - вміст нейтральних солей у % від ваги сухого ґрунту)
Буряк столовий	$У = 103 – 31х$
Томат розсадний	$У = 107 – 59х$
Баклажани	$У = 109 – 63х$
Томат безрозсадний	$У = 102 – 75х$
Перець солодкий	$У = 95 – 72х$
Горох овочевий	$У = 101 – 122х$
Соняшник	$У = 111 – 54х$
Кукурудза на силос	$У = 104 – 52х$
Кукурудза на зерно	$У = 112 – 116х$
Озима пшениця	$У = 103 – 99х$
Картопля	$У = 121 – 114х$
Люцерна	$У = 105 – 55х$

2.13. Оцінка гумусового стану ґрунтів.

Найважливішим показником рівня родючості ґрунтів вважається вміст гумусу. Щоправда, пряма залежність між вмістом гумусу (його запасами) та рівнем ефективної родючості спостерігається до певної межі. Але ця залежність тим суттєвіша, чим нижчий вміст гумусу. І це не випадково: гумус служить джерелом енергії для мікроорганізмів і визначає інтенсивність біохімічних процесів у ґрунті, йому притаманна висока ємність катіонного обміну (до 350-500 мг-екв на 100 г), яка перевищує в 2-3 рази ємність найбільш високоємного ґрунтового мінералу – монтморилоніту; у гумусі зосереджено 95-98% запасів азоту в ґрунті, до 80% сірки, від 40 до 60% фосфору, значна кількість кальцію, магнію, калію та інших макро- та мікроелементів; гумус у значній мірі визначає фізичні властивості – створює водотривку структуру, обумовлює щільність і водно-повітряний режим у ґрунті. На змитих слабогумусованих ґрунтах спостерігається нестача для сільськогосподарських культур багатьох елементів живлення, зокрема азоту, фосфору, заліза, цинку тощо. На низькогумусованих ґрунтах посилюється негативний вплив таких факторів як висока карбонатність, солонцюватість і засоленість ґрунтів; рослини більшою мірою зазнають дії несприятливих факторів – низької температури, посухи тощо.

За вмістом гумусу, визначеного методом Тюрина, ґрунти поділяються на такі групи (табл. 28).

Таблиця 28. Групування ґрунтів за вмістом гумусу (ДСТУ 4362-2004)

Група	Вміст гумусу	Показник, % (за методом Тюріна)
1	Дуже низький	<1,1
2	Низький	1,1-2,0
3	Середній	2,1-3,0
4	Підвищений	3,1-4,0
5	Високий	4,1-5,0
6	Дуже високий	>5,1

Класифікація ґрунтів України передбачає таке їх угрупування за вмістом гумусу:

- слабогумусні – менше за 3,0%;
- малогумусні – від 3,0% до 6,0%;
- середньогумусні – більше за 6%.

2.14. Оцінювання забезпеченості ґрунтів доступними елементами живлення

Для різних ґрунтів використовують різні методи визначення рухомих форм поживних речовин; у карбонатних ґрунтах калій і фосфор визначають за методом Мачигіна, у не карбонатних чорноземних ґрунтах за методом Чирикова, у кислих дерново-підзолистих і сірих лісових за методом Кірсанова і Маслової. Тому при оцінці вмісту поживних речовин у ґрунтах потрібно знати метод їх визначення.

При оцінці забезпеченості сільськогосподарських культур доступними поживними речовинами слід також враховувати їх різну вимогливість до вмісту цих речовин у ґрунтах. Є культури незначного виносу поживних речовин (зернові), підвищеного виносу (кормові коренеплоди, картопля) і культури значного виносу поживних речовин (овочеві, деякі технічні культури, цитрусові, виноград).

Оцінка рівня забезпеченості азотом

Основна роль в азотному живленні рослин належить мінеральним формам азоту – окисненій (NO_3^-) і відновленій (NH_4^+).

Про рівень можливої забезпеченості сільськогосподарських культур вільним нітратним ґрунтовим азотом свідчить нітрифікаційна здатність ґрунтів (табл. 29). Забезпеченість азотом, що легко гідролізується (що знаходиться у формі органічних речовин і може в найближчий час стати доступним для рослин), приведена у табл. 30-31.

Таблиця 29. Рівень забезпеченості сільськогосподарських культур азотом по нітрифікаційній здатності дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів (за Кравковим)

Культури	Рівень забезпеченості, мг/кг N—NO_3			
	I — дуже низький	II — низький	III— середній	IV— високий
Зернові	<5	5 —8	8—15	>15
Коренеплоди і картопля	<8	8—15	15—30	>30
Овочеві	<15	5—30	30—60	>60

Таблиця 30. Шкала забезпеченості ґрунтів легкогідролізованим азотом

Забезпе-ченість	Легкогідролізований азот за Тюріним і Кононовою, мг/кг ґрунту					
	pH 5–6			pH вище 6		
	зернові	корене-плоди, картопля	овочі	зернові	коренеплоди, картопля	овочі
Дуже низька	<30	<40	<60	<30	<40	<50
Низька	<40	<60	<80	<40	<50	<70
Середня	40–60	60–80	80–120	40–50	50–70	70–100
Висока	>60	>80	>120	>50	>70	>100

Таблиця 31. Групування ґрунтів під плодовими насадженнями за вмістом легкогідролізованого азоту (ДСТУ 4362-2004)

Рівень забезпеченості ґрунту	Вміст азоту, мг/кг ґрунту	
	за методом Тюріна і Кононової	за методом Корнфілда
Дуже низький	< 30	< 100
Низький	31-40	101-150
Середній	41-50	151-200
Підвищений	51-70	> 200
Високий	71-100	–
Дуже високий	> 100	–

Оцінка рівня забезпеченості фосфором

Для агрономічних цілей визначають вміст рухливих фосфатів у ґрунтах, тобто умовну суму найближчого резерву, і безпосередньо засвоюваного рослинами фосфору. Для цього застосовують різні хімічні методи витяжки фосфору в залежності від типу ґрунтів і їхніх властивостей. Так, для кислих дерново-підзолистих та сірих опідзолених ґрунтів стандартним є метод Кірсанова, для не карбонатних чорноземів, близьких до нейтральних – метод Чирікова, для карбонатних ґрунтів з лужною реакцією – метод Мачигіна. В європейських країнах стандартним є метод Егнера - Ріма - Домінго, а для кислих жовто- і червоноземних ґрунтів – метод Оніані.

За кількістю рухливого фосфору проведене агрономічне угруповання ґрунтів (табл. 32-34), що використовують для характеристики ґрунтових умов живлення рослин фосфором, складання картограм і розрахунків доз фосфорних добрив.

Таблиця 32. Угруповання ґрунтів за вмістом рухомого фосфору (для зернових культур) (ДСТУ 4362-2004)

Група	Вміст рухомого фосфору	За методом		
		за методом **Кірсанова** для підзолистих, дерново-підзолистих і сірих лісових	за методом **Чирікова** для некарбонатних чорноземних ґрунтів	за методом **Мачигіна** для карбонатних чорноземів і каштанових ґрунтів
		P_2O_5, мг/кг ґрунту		
1	Дуже низький	<26	<21	<11
2	Низький	26-50	21-50	11-15
3	Середній	51-100	51-100	16-30
4	Підвищений	101-150	101-150	31-45
5	Високий	150-250	151-200	46-60
6	Дуже високий	>250	>200	>60

Таблиця 23. Групування ґрунтів за забезпеченістю рухомими формами фосфору (у шарі 0-40 см) для насіннячкових і кісточкових культур [4]

Рівень забезпеченості	Вміст фосфору, мг/кг ґрунту, за методом			
	Кірсанова	Чирікова	Мачигіна	Оніані
Дуже низький	<30	<30	<7	<75
Низький	31-60	31-80	08-22	76-150
Середній	61-90	81-100	23-27	151-230
Підвищений	91-120	101-130	28-38	231-310
Високий	121-150	131-150	39-50	311-390
Дуже високий	>150	>150	>50	>390

Таблиця 34. Групування ґрунтів за рівнями забезпеченості рухомими формами фосфору (у шарі 0-40 см) для ягідних культур [4]

Рівень забезпеченості	Суниця			Агрус			Малина і смородина		
	Вміст фосфору, мг/кг ґрунту, за методом								
	Кірсанова	Чирікова	Мачигіна	Кірсанова	Чирікова	Мачигіна	Кірсанова	Чирікова	Мачигіна
Дуже низький	<25	<40	<15	<50	<90	<15	<75	<90	<15
Низький	26-50	41-80	16-30	51-75	91-110	16-30	76-100	91-110	16-30
Середній	51-75	81-120	31-40	76-100	116-160	31-40	101-125	111-160	31-40
Підвищений	76-100	121-150	41-50	101-125	161-220	41-50	126-150	161-220	41-50
Високий	101-125	151-200	51-60	126-150	221-250	51-60	151-175	221-250	51-60
Дуже високий	>125	>200	>60	>150	>250	>60	>175	>250	>60

Оцінка рівня забезпеченості калієм

Валового калію у ґрунтах 1–3%, але водорозчинного і вбирного (обмінного), доступного рослинам, всього 1–2% від валового. Основна частина калію знаходиться у ґрунтовому вбирному комплексі. У різних ґрунтах при його екстрагуванні використовують різні реактиви, тому ґрунти оцінюються з урахуванням методу визначення обмінного калію (табл. 35-38).

Таблиця 35. Угруповання ґрунтів за вмістом обмінного калію (для зернових культур) (ДСТУ 4362-2004)

Група	Вміст обмінного калію	За методом		
		за методом **Кірсанова** для дерново-підзолистих і сірих лісових	за методом **Чирікова** для некарбонатних чорноземів	за методом **Мачигіна** для карбонатних чорноземів і каштанових ґрунтів
		K_2O, мг/кг ґрунту		
1	Дуже низький	<41	<21	<51
2	Низький	41-80	21-40	51-100
3	Середній	81-120	41-80	101-200
4	Підвищений	121-170	81-120	201-300
5	Високий	171-250	121-180	301-400
6	Дуже високий	>250	>180	>400

Таблиця 36. Групування ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу за рівнями забезпеченості обмінним калієм (у шарі 0-40 см) для плодових культур [4]

Рівень забезпеченості	Вміст калію, мг/кг ґрунту, за методом		
	Кірсанова і Чирікова	Мачигіна	Оніані
Дуже низький	<40	<50	<30
Низький	41-70	51-140	31-80
Середній	71-90	141-210	81-140
Підвищений	91-120	211-270	141-190
Високий	121-150	271-340	191-240
Дуже високий	>150	>340	>240

Таблиця 37. Групування ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу за рівнями забезпеченості обмінним калієм (у шарі 0-40 см) для ягідних культур [4]

Рівень забезпеченості	Вміст калію, мг/кг ґрунту, за методом	
	Кірсанова і Чирікова	Мачигіна
Дуже низький	<30	<100
Низький	31-60	101-150
Середній	61-120	151-180
Підвищений	121-170	181-250
Високий	171-210	251-300
Дуже високий	>210	>300

Таблиця 38. Групування ґрунтів легкого гранулометричного складу за рівнями забезпеченості обмінним калієм (у шарі 0-40 см) для плодових і ягідних культур [4]

Рівень забезпеченості	Вміст калію, мг/кг ґрунту, за методом		
	Кірсанова і Чирікова	Мачигіна	Оніані
Дуже низький	<16	<35	<20
Низький	17-30	36-70	21-40
Середній	31-60	71-110	41-70
Підвищений	61-80	111-150	71-100
Високий	81-100	151-190	101-130
Дуже високий	>100	>190	>130

Отже ґрунти можуть мати різний ступінь забезпеченості елементами живлення. У залежності від рівня забезпеченості, який визначається вмістом елементів живлення і відповідною сільськогосподарською культурою, рекомендовані норми добрив можуть бути зменшені або збільшені:

$$H = P \cdot K, \text{ де}$$

H – необхідна норма добрив;
P – рекомендована норма добрив;
K – коефіцієнт перерахунку рекомендованих норм добрив (табл. 39).

Таблиця 39. Коефіцієнт перерахунку рекомендованих норм добрив

Загальна забезпеченість поживними речовинами	**Забезпеченість сільськогосподарських культур поживними речовинами**							
	зернові	***K***	просапні	***K***	овочеві	***K***	плодові	**K**
ДН	ДН	1,5						
Н	Н	1,3	ДН	1,5				
С	С	1,0	Н	1,3	ДН	1,5	ДН	1,5
П	П	0,8	С	1,0	Н	1,3	Н	1,3
В	В	0,6	П	0,8	С	1,0	С	1,0
ДВ	ДВ	0,4	В	0,6	П	0,8	П	0,8

ДН – дуже низька П – підвищена Н – низька
С – середня В – висока ДВ – дуже висока

Оцінка рівня забезпеченості мікроелементами

Мікроелементи – біогенні хімічні елементи, що грають роль каталізаторів у розвитку рослин, особливо в процесі фотосинтезу і засвоєння азоту. Відсутність того чи іншого мікроелемента супроводжується специфічними ознаками його недостатності. Основними для рослин є такі мікроелементи: мідь, кобальт, цинк, марганець, йод, молібден, фтор, бор, кадмій, ванадій. Нестача, наприклад, марганцю у ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією зумовлює хлороз у рослин, знижує стійкість проти захворювання. Нестача бору призводить до опадання зав'язей, розвитку бактеріозу у льону, загнивання серцевини у буряків.

Показники вмісту рухливих мікроелементів у ґрунтах використовують в агрономії для визначення необхідності використання мікродобрив. У таблиці 40 приведено угруповання ґрунтів по забезпеченості рухомими формами мікроелементів, що використовують відповідно до методики агрохімічної паспортизації земельних ділянок [5] .

Варто мати на увазі, що потреба сільськогосподарських культур у тих чи інших мікроелементах, як і в макроелементах, різна. Тому угруповання ґрунтів бажано здійснювати для трьох груп рослин, що характеризуються різним виносом мікроелементів із ґрунту.

- ✓ До першої групи культур невисокого виносу і високої спроможності до засвоювання мікроелементів відносяться зернові колосові, кукурудза, зернобобові, картопля.
- ✓ До другої групи відносяться культури підвищеного виносу і з високою та середньою спроможністю до засвоювання мікроелементів: коренеплоди, овочі, трави (бобові, злакові, різнотрав'я), соняшник, плодові.
- ✓ До третьої групи високого виносу відносяться сорти інтенсивного типу, а також сільськогосподарські культури першої і другої груп з високим рівнем агротехніки, високими дозами добрив, в умовах зрошення.

Забезпеченість ґрунтів мікроелементами залежить не лише від їхнього валового вмісту, а й від властивостей ґрунту, які визначають доступність елементів для рослин. Карбонати та лужна реакція ґрунтового розчину зазвичай знижують доступність заліза, цинку, марганцю й міді внаслідок утворення малорозчинних сполук, адсорбції та інших хімічних процесів. Тому на карбонатних ґрунтах із високим pH рослини можуть відчувати дефіцит цих мікроелементів навіть за достатнього їхнього валового вмісту.

Водна й вітрова ерозія посилює ці процеси, оскільки спричиняє втрату гумусового горизонту, зменшення вмісту органічної речовини та відносне збагачення верхнього шару карбонатами внаслідок залучення до нього нижніх, більш карбонатних горизонтів.

Таблиця 40. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук мікроелементів [5]

Ступінь забезпечення рухомими сполуками мікроелемента	Вміст, мг/кг ґрунту					
	Mn*	**Zn***	**Cu***	**Co***	**Mo****	**B*****
дуже низька	<5,1	<1,1	<0,11	<0,071	<0,05	<0,15
низька	5,1–7,0	1,1–1,5	0,11–0,15	0,071–0,10	0,05–0,07	0,15–0,22
середня	7,1–10,0	1,6–2,0	0,16–0,20	0,11–0,15	0,08–0,10	0,23–0,33
підвищена	10,1–15,0	2,1–3,0	0,21–0,30	0,16–0,20	0,11–0,15	0,34–0,50
висока	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 висока	20,1–49,9	>5,0	0,51–0,99	0,30–0,49	0,22–0,29	>0,70

*Екстрагуючий розчин – ацетатно-амонійний буферний розчин з pH 4,8.

**Екстрагуючий розчин – оксалатно-буферний розчин з pH 3,3.

***Екстрагуючий розчин – вода (H_2O).

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

Ґрунтовий покрив є одним із ключових компонентів біосфери, який виконує функції акумуляції, трансформації та перерозподілу речовини й енергії. У системі моніторингу земель саме ґрунти розглядаються як інтегральний індикатор техногенного навантаження, оскільки вони акумулюють переважну частину хімічних речовин, що надходять з атмосферними опадами, поверхневим стоком або внаслідок локальних джерел забруднення. На відміну від атмосферного повітря чи поверхневих вод, ґрунти характеризуються значною буферністю, що зумовлює здатність тривалий час утримувати токсиканти в профілі навіть після припинення їх надходження.

Забруднення ґрунтів класифікують за походженням, характером забруднювальних речовин, масштабом поширення та ступенем негативного впливу на компоненти довкілля. За походженням розрізняють природне та антропогенне забруднення; за характером забрудників – хімічне, фізичне та біологічне. Хімічне забруднення пов’язане з надходженням до ґрунту хімічних речовин у концентраціях, що змінюють його властивості та можуть негативно впливати на ґрунтові організми, рослини, тварин і людину. Водночас різні хімічні елементи відрізняються за ступенем небезпечності, який залежить від їх властивостей та характеру впливу на живі організми. За ступенем небезпечності хімічні елементи поділяють на три класи: перший – високонебезпечні (As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F); другий – середньонебезпечні (B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr); третій – малонебезпечні (Ba, V, Mn, Sr).

Оцінювання хімічного забруднення ґрунтів передбачає визначення вмісту забруднювальних речовин, зіставлення отриманих результатів із нормативними та фоновими показниками й встановлення ступеня відхилення від прийнятих критеріїв оцінювання. Вибір критеріїв залежить від завдання дослідження, характеру забруднювальних речовин, форми їх перебування в ґрунті та наявності відповідних нормативів.

Нормативне оцінювання дає змогу встановити, чи перевищує вміст певної речовини допустиму концентрацію. Порівняння з фоновим умістом характеризує відхилення від природного геохімічного рівня. За наявності кількох забруднювальних речовин додатково оцінюють їх сукупний вміст, просторовий розподіл і можливий вплив на властивості ґрунту та суміжні компоненти довкілля.

3.1. Нормативні засади оцінювання хімічного забруднення ґрунтів

Нормативне регулювання допустимого вмісту токсикантів у ґрунтах в Україні базується на положеннях Наказу Міністерства охорони здоров'я України № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті», а також Постанові Кабінету Міністрів України № 1325 «Про затвердження нормативів гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах та переліку таких речовин».

Зазначені документи встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) для широкого спектра хімічних елементів і сполук з урахуванням їх класу небезпеки, токсичності, здатності до міграції та біоакумуляції.

***ГДК** – це максимально допустима концентрація забруднювальних речовин у ґрунтах, яка не зумовлює негативних екологічних наслідків щодо їх родючості, загального стану довкілля, якості сільськогосподарської продукції та здоров'я людини.*

ГДК хімічних речовин у ґрунтах установлюють з урахуванням кларка ґрунтів, або обґрунтовують за показниками шкідливості.

Кларк хімічного елемента в ґрунтах – це середній вміст цього елемента в ґрунтах, установлений за результатами їх геохімічних досліджень. Значення кларку не є тотожним фоновому вмісту елемента в конкретному ґрунті або на певній території.

Якщо норматив ГДК розраховано з урахуванням кларка, його значення вже враховує середній вміст хімічного елемента в ґрунтах.

Показники шкідливості характеризують можливий вплив речовини на суміжні компоненти довкілля та живі організми.

За характером впливу розрізняють такі показники шкідливості:

- ***Транслокаційний*** – характеризує надходження хімічної речовини з ґрунту в рослини та її подальше переміщення трофічними ланцюгами.
- ***Міграційний водний*** – характеризує здатність речовини переходити з ґрунту у воду, зокрема ґрунтові та поверхневі води.
- ***Міграційний повітряний*** – характеризує надходження речовини з ґрунту в атмосферне повітря.
- ***Загальносанітарний*** – характеризує вплив речовини на біологічні властивості ґрунту та процеси його самоочищення.

Під час гігієнічного нормування визначають лімітуючий показник шкідливості – той, за яким установлюється норматив з огляду на найбільш чутливий оцінюваний ефект. Відповідно, ГДК має забезпечувати допустимий рівень впливу речовини за визначеним критерієм.

Суттєвим методологічним аспектом сучасної оцінки є розмежування понять валового вмісту та вмісту рухомих форм елементів. **Валовий вміст** характеризує загальний запас речовини у ґрунті, включаючи як потенційно

доступні, так і міцно фіксовані у мінеральній частині ґрунту (*зауваження щодо терміну «валовий вміст» див. в розділі 1.1*). Натомість **рухомі форми**, які визначаються за допомогою екстракцій (наприклад, розчинами соляної кислоти або ацетатно-амонійного буфера), відображають частку елемента, здатну переходити у ґрунтовий розчин, засвоюватися рослинами або мігрувати у ґрунтові води. Практика досліджень показує, що навіть за підвищеного валового вмісту окремих мікроелементів, концентрація їх рухомих форм може залишатися низькою. У будь-якому разі, під час оцінювання забруднення ґрунтів нормативні значення необхідно обирати відповідно до форми вмісту забруднювальної речовини: для валового вмісту використовують нормативи валового вмісту, а для рухомих форм – нормативи рухомих форм, визначені з урахуванням відповідної методики аналізу.

3.2. Оцінювання забруднення ґрунтів за нормативами гранично допустимих концентрацій (ГДК)

Оцінювання хімічного забруднення ґрунтів за гранично допустимими концентраціями (ГДК) передбачає порівняння фактичного вмісту забруднювальної речовини у ґрунті з установленим нормативним значенням (табл. 41).

Наведена нормативна таблиця містить значення ГДК, виражені в міліграмах на кілограм ґрунту з урахуванням узагальненого фону (кларка), для окремих речовин за трьома показниками: валовим умістом, умістом рухомої форми та вмістом у водній витяжці. Нормативне значення застосовують відповідно до речовини, зазначеної у таблиці, та визначеної форми її вмісту. Під час оцінювання необхідно забезпечити відповідність між показником, отриманим у результаті лабораторного аналізу, і показником, для якого встановлено норматив.

Для кількісного оцінювання перевищення нормативу використовують ***коефіцієнт перевищення ГДК***, який визначають як відношення фактичного вмісту речовини в ґрунті до відповідного нормативного значення:

Коефіцієнт перевищення ГДК обчислюють за формулою:

$$K_{\text{ГДК}} = \frac{C_i}{\text{ГДК}_i}$$

де $K_{ГДК}$ – коефіцієнт перевищення гранично допустимої концентрації; C_i – фактичний уміст *i*-ї речовини в ґрунті, мг/кг; $ГДК_i$ – нормативне значення для цієї речовини та відповідної форми її вмісту, мг/кг.

При значені $K_{ГДК} \leq 1$ фактичний вміст речовини не перевищує встановленого нормативу. Якщо $K_{ГДК} > 1$, норматив перевищено; числове значення коефіцієнта показує, у скільки разів фактичний вміст перевищує

ГДК. Наприклад, $К_{ГДК}$ = 2,5 відповідає вмісту речовини, що у 2,5 раза перевищує норматив.

Результати оцінювання подають окремо для кожної речовини, для якої встановлено відповідний норматив. Відсутність перевищення ГДК за одним показником не виключає перевищення за іншими речовинами або формами їхнього вмісту. Водночас коефіцієнт перевищення ГДК характеризує лише співвідношення фактичного вмісту з нормативом і сам по собі не є комплексною оцінкою хімічного забруднення ґрунту.

Таблиця 41. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин

Найменування речовини	Нормативи гранично допустимої концентрації (ГДК), міліграмів на кілограм ґрунту з урахуванням фону (кларка) [6]			ГДК рухомих форм металів у ґрунті, мг/кг, екстрагент 1N HCl
	валовий вміст*	рухома форма**	водна витяжка	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Ацетальдегід	10			
Барій	200			
Бенз(а)пірен	0,02			
Бензол	0,3			
Бор	30			
Ванадій	150			80
Вольфрам		10		
Гексахлорциклогексан (сума ізомерів)		0,1		
Дихлордифенилтрихлоретан і його метаболіти		0,1		
Кадмій	3	0,7		1,0
Кобальт		5		12
Ксилоли	0,3			
Марганець	1500	140		600
Миш’як	2			15
Мідь		3		50
Молібден		10		
Нафта	1000			
Нафтопродукти	1000 500			
Нікель		4		36
Нітрати (за NO_3)	130			
Плутоній, Кі/км^2		0,1 Кі/км^2		
Ртуть	2,1			0,1
Свинець	32	6		60

Продовження таблиці 41

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Селен	0,6			
Сірководень (за H_2S)	0,4			
Стирол	0,1			
Стронцій, Кі/км^2		3 Кі/км^2		
Сульфати (за SO_4)	160			
Сурма	4,5			
Толуол	0,3			
Фенол	4			
Формальдегід	7			
Фосфор (за P_2O_5)	200			
Фтор		2,8	10	
Хлорид калію	560			
Хром		6		15
Хром шестивалентний	0,05			
Цезій, Кі/км^2	15 Кі/км^2			
Цинк		23		60
Стибій				15
2,4-дихлорфеноксиоцитова кислота (амінна сіль)	0,25			

*Валовий вміст важких металів у грунтових екстрактах царською водкою методом атомної спектрометрії.

**Вміст рухомих форм хімічних елементів в буферній амонійно-ацетатній витяжці з pH 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії

3.3. Оцінювання забруднення ґрунтів за орієнтовно допустимими концентраціями (ОДК)

Орієнтовно допустимі концентрації (ОДК) використовують у науковій літературі як додатковий критерій оцінювання хімічного забруднення ґрунтів з урахуванням їхніх властивостей, які визначають поведінку забруднювальних речовин у ґрунті. На відміну від ГДК, ОДК не є офіційно затвердженим загальнодержавним нормативом в Україні. Тому їх застосування має рекомендаційний і методичний характер, а використані значення необхідно супроводжувати посиланням на першоджерело та зазначенням умов, для яких їх розроблено.

До властивостей ґрунту, що можуть впливати на поведінку забруднювачів, належать гранулометричний склад, реакція ґрунтового середовища, вміст органічної речовини, вбирна здатність тощо. Вони визначають особливості закріплення хімічних елементів і сполук у ґрунті, їхню рухомість, міграцію та потенційну доступність для живих організмів. З огляду на це, в науково-методичних підходах значення ОДК для окремих речовин диференціюють залежно від певних характеристик ґрунту, насамперед гранулометричного складу та реакції середовища (табл. 42).

Таблиця 42. Орієнтовно-допустимі концентрації важких елементів і миш'яку в ґрунтах з різними властивостями (валовий вміст, мг/кг)

Група ґрунтів	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb
Піщані и супіщані	20	33	55	2	0,5	32
Кислі ($pH_в$ <5,5) суглинисті	40	66	110	5	1,0	65
Близькі до нейтральних ($pH_в$ >5,5) суглинисті і глинисті	80	132	220	10	2,0	130

Під час використання критеріїв необхідно враховувати джерело даних, тип ґрунту, одиниці вимірювання та форму визначення хімічної речовини.

Для кількісного зіставлення фактичного вмісту речовини з рекомендованим значенням ОДК також використовують коефіцієнт відношення:

$$K_{ОДК} = C_i / ОДК_i,$$

де $K_{ОДК}$ – коефіцієнт відношення фактичного вмісту речовини до рекомендованого значення ОДК; C_i – фактичний уміст *i*-ї речовини в ґрунті, мг/кг; $ОДК_i$ – рекомендоване в науково-методичному джерелі значення для цієї речовини з урахуванням передбачених у ньому ґрунтових умов, мг/кг.

При значенні $K_{ОДК} \leq 1$ фактичний уміст речовини не перевищує використаного значення ОДК; за $K_{ОДК} > 1$ він перевищує це значення. Величина коефіцієнта показує кратність такого перевищення. Результати такого зіставлення самі по собі не є достатньою підставою для висновку про ступінь небезпечності забруднення. Для загальної оцінки стану ґрунту їх доцільно розглядати разом із результатами порівняння з офіційно встановленими нормативами та фоновим умістом.

3.4. Оцінювання вмісту хімічних елементів у ґрунтах порівняно з фоновими значеннями

Оцінювання забруднення ґрунтів за фоновим вмістом хімічних елементів ґрунтується на порівнянні фактичної концентрації елемента з його вмістом, характерним для ґрунтів відповідної території або певного типу ґрунтів за відсутності вираженого локального забруднення.

Фонові значення використовують для виявлення підвищеного вмісту хімічних елементів і встановлення геохімічних аномалій. На відміну від нормативного оцінювання за ГДК, цей підхід характеризує відхилення від фонового рівня, а не відповідність установленому нормативу.

Фоновий уміст хімічних елементів у ґрунтах формується під впливом природних чинників, зокрема хімічного складу ґрунтоутворюючих порід, особливостей ґрунтоутворення, гранулометричного складу та геохімічних умов території. Водночас на фактичний вміст елементів можуть впливати тривале розсіяне надходження речовин унаслідок господарської діяльності та інші антропогенні чинники. Тому під час використання фонового значення необхідно враховувати спосіб його визначення, територіальну репрезентативність і можливий вплив антропогенних джерел.

За просторовим охопленням розрізняють локальний, регіональний і узагальнений геохімічний фон (узагальнені довідкові значення).

Локальний фон характеризує вміст елементів на відносно однорідній території, яка за ґрунтовими та геологічними умовами подібна з досліджуваною ділянкою. Наприклад, для оцінювання забруднення орного поля локальний фон можна встановити за результатами аналізу ґрунтів сусідньої ділянки з такою самою відміною ґрунту, подібним гранулометричним складом і материнською породою, яка не зазнала істотного впливу джерел забруднення. Для ділянки поблизу промислового підприємства фонові значення можна визначити на території з подібними ґрунтовими умовами, розташованій поза зоною впливу підприємства.

Регіональний фон відображає характерний вміст хімічних елементів у ґрунтах певної природної або адміністративно визначеної території. Наприклад, на півдні України його можна встановити для чорноземів південних у межах природно-сільськогосподарського району або для поширених у регіоні ґрунтів річкових долин. Такі оцінки мають ґрунтуватися на результатах досліджень, що враховують природну неоднорідність ґрунтового покриву та вплив можливих джерел забруднення.

Узагальнені довідкові значення можуть бути використані для попереднього оцінювання, однак вони не завжди достатньо точно характеризують природний вміст елементів у конкретному ґрунті (табл. 43).

Отже, для обґрунтованого порівняння фактичного вмісту з фоновим необхідно забезпечити зіставність досліджуваних і фонових ґрунтів:

- за типом (підтипом) і властивостями ґрунту,
- генетичним горизонтом або глибиною відбору проб,
- формою визначення елемента (валові не порівнюються з рухомими формами) та аналітичним методом визначення забруднювача.

Для кількісної оцінки відхилення фактичного вмісту хімічного елемента від фонового використовують коефіцієнт концентрації:

$$Кс = C_i / Сфон$$

де Кс – коефіцієнт концентрації хімічного елемента відносно фонового рівня; C_i – фактичний уміст i-го елемента в досліджуваному ґрунті, мг/кг; Сфон – фоновий уміст цього елемента у подібних ґрунтах, мг/кг.

При Кс = 1 фактичний вміст відповідає прийнятому фоновому значенню; при Кс > 1 він перевищує фон, а за Кс < 1 є нижчим за нього.

Таблиця 43. Фоновий вміст мікроелементів та важких металів у ґрунтах України (узагальнені значення), мг/кг [6].

Елемент	Фоновий вміст	Елемент	Фоновий вміст
Бор	10	Нікель	40
Кадмій	0,5	Олово	10
Кобальт	10	Ртуть	0,01
Марганець	850	Свинець	10
Мідь	20	Фтор	200
Миш'як	5	Хром	200
Молібден	2	Цинк	50

Коефіцієнт концентрації характеризує відносне збагачення ґрунту певним елементом, але сам по собі не встановлює походження цього збагачення. Підвищений уміст може бути зумовлений як антропогенним надходженням, так і природними геохімічними особливостями ґрунту. Для обґрунтування висновку про техногенне забруднення необхідно враховувати геологічні та ґрунтові умови, просторовий розподіл елемента, характер і розташування можливих джерел надходження, а також результати інших досліджень.

Фоновий підхід доцільно застосовувати для виявлення локальних і регіональних геохімічних аномалій, а також для оцінювання антропогенного впливу на ґрунти шляхом порівняння фактичного вмісту хімічних елементів із фоновими значеннями, зокрема для визначення змін, спричинених воєнними діями. Особливе значення він має за відсутності встановленого нормативу для певної речовини або коли необхідно визначити, наскільки її вміст відрізняється від характерного для відповідних ґрунтових умов рівня.

Результати оцінювання за фоновим умістом доцільно використовувати разом із даними про перевищення ГДК та, за наявності обґрунтованої методики, ОДК. Ці критерії характеризують різні аспекти хімічного стану ґрунту і не є взаємозамінними.

3.5. Оцінювання рівня забруднення ґрунтів за вмістом рухомих форм хімічних елементів відносно фонового рівня

В Україні розроблено критерії градаційного оцінювання хімічного стану ґрунтів за вмістом рухомих форм хімічних елементів-забруднювачів. Ці критерії наведено в *Методиці проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення* [5]; їх використовують для визначення ступеня забруднення ґрунтів за результатами агрохімічних досліджень.

Оцінювання ґрунтується на зіставленні фактичного вмісту рухомої форми елемента з інтервалами концентрацій, установленими для відповідної шкали. Застосовують окремі шкали для сполук, що вилучаються 1 н. розчином HCl, і для сполук, що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином із pH 4,8. Для молібдену передбачено визначення в оксалатній витяжці за Григом. Відповідні градації та межі концентрацій наведено в таблицях 44, 45.

Таблиця 44. Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук важких металів й інших елементів-забруднювачів, що вилучаються 1н розчином HCl, мг/кг [5]

Елемент	Фон	Рівень забруднення					
		слабкий	помірний	середній	підвищений	високий	дуже високий
Марганець	100–150	151–399	400–599	600–799	800–999	1000–199	1200
Хром	15–30	30–59	60–89	90–119	120–149	150–199	200
Ванадій	10–20	20–39	4-–59	60–79	80–99	100–119	120
Цинк	5–10	11–19	20–39	40–59	60–79	80–99	100
Нікель	4–6	7–15	16–23	24–31	32–39	40–47	48
Мідь	3–5	6–13	14–20	21–27	28–34	35–41	42
Свинець	2–3	4–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30
Кобальт	1–2	3–5	6–8	9–11	12–14	15–17	18
Кадмій	<0,1	0,1–0,4	0,5–0,9	1–1,4	1,5–1,9	2–12	13

Фонова група в цих шкалах є узагальненим порівняльним рівнем, прийнятим у межах методики. Наступні градації відображають послідовне зростання вмісту рухомих форм елементів відносно цього рівня. Водночас вони не є градаціями перевищення ГДК: межі груп установлені за окремою методичною шкалою, а не визначені через кратність перевищення нормативної концентрації.

Тому віднесення ґрунту до групи зі слабким, помірним або вищим рівнем забруднення за цією методикою свідчить про відповідність виміряного вмісту рухомої форми елемента певному інтервалу шкали. Такий результат сам по собі не доводить перевищення ГДК, антропогенного походження елемента чи наявності небезпечного впливу на живі організми. Для встановлення нормативного забруднення необхідно окремо зіставити фактичний вміст рухомої форми хімічного елемента із відповідною ГДК.

Таблиця 45. Групування ґрунтів за вмістом рухомих форм елементів-забруднювачів, що вилучаються ацетатно-амонійним буферним розчином (pH 4,8) [5]

Елемент	Фон	Рівень забруднення					
		слабкий	помірний	середній	підвищений	високий	дуже високий
Марганець	<50	50–99	100–149	150–199	200–249	250–299	300
Хром	<10	10–19	20–29	30–39	40–49	50–59	60
Ванадій	<10	10–19	20–29	30–39	40–49	50–59	60
Цинк	<5	5–9	10–14	15–19	20–24	25–29	30
Нікель	<2	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12
Мідь	<1	1–1,9	2–2,9	3–3,9	4–4,9	5–5,9	6
Свинець	<0,8	0,8–1,4	1,5–2,2	2,3–3,1	3,2–3,9	4–4,9	5
Кобальт	<0,5	0,5–0,9	1–1,4	1,5–1,9	2,0–2,4	2,5–2,9	3
Молібден[1]	<0,3	0,3–0,4	0,5–0,9	1–1,4	1,5–1,9	2–2,4	2,5
Кадмій	<0,10	0,11–0,19	0,20–0,49	0,50–0,99	1,00-1,49	1,50–1,99	2,00

[1]Молібден визначається в оксалатній витяжці за Григом.

Результати оцінювання за вмістом рухомих форм доцільно використовувати для порівняльної характеристики ґрунтів, виявлення ділянок із підвищеним вмістом елементів і визначення потреби в подальшому обстеженні. Їх інтерпретують з урахуванням застосованого екстрагента та властивостей ґрунту. Оскільки кількість елемента, вилучена лабораторним методом, не тотожна його фактичній біодоступності, висновки про екологічну небезпечність потребують додаткового обґрунтування за нормативними показниками та, при необхідності, іншими результатами досліджень.

3.6. Комплексне оцінювання хімічного забруднення ґрунтів

Комплексне оцінювання хімічного забруднення ґрунтів передбачає узагальнення результатів визначення кількох забруднювальних речовин за допомогою інтегральних показників. Його застосовують для порівняльної характеристики ділянок за сукупним вмістом хімічних елементів і виявлення територій із підвищеним поліелементним забрудненням.

Інтегральні показники ґрунтуються на різних критеріях порівняння фактичного вмісту речовин із фоновими або нормативними значеннями. Тому вибір методики залежить від мети дослідження, природи забруднювачів і наявності обґрунтованих порівняльних величин. Для оцінювання поліелементного забруднення важкими металами за відхиленням від фонового вмісту застосовують сумарний показник забруднення (Zc).

Сумарний показник забруднення Zc визначають як суму коефіцієнтів концентрації тих хімічних елементів, фактичний уміст яких перевищує відповідні фонові значення, з поправкою на кількість елементів у розрахунку:

$$Zc = \Sigma Kc_i - (n - 1),$$

де Zc – сумарний показник забруднення; Kc_i – коефіцієнт концентрації *i*-го хімічного елемента, визначений як відношення його фактичного вмісту до фонового; n – кількість елементів, вміст яких перевищує відповідні фонові значення та які включено до розрахунку.

До суми включають лише елементи, для яких $Kc_i > 1$. Якщо жоден із досліджуваних елементів не перевищує фонового рівня, сумарний показник за цією методикою не розраховують. Фонові значення мають відповідати досліджуваному типу ґрунту, а результати аналізу – бути зіставними за глибиною відбору проб і методом визначення.

Zc узагальнює кратність перевищення фонового вмісту за сукупністю елементів, але не є безпосереднім показником сумарної токсичності. У формулі не враховано відмінності елементів за токсикологічними властивостями, біодоступністю та механізмами впливу. Тому значення Zc необхідно інтерпретувати за шкалою тієї методики, у межах якої його застосовують; не можна автоматично переносити класифікаційні межі з однієї методики до іншої або трактувати їх як нормативи ГДК.

В наукових дослідженнях для інтегрального оцінювання забруднення ґрунтів поряд із сумарним показником Zc застосовують альтернативний підхід, що ґрунтується на обчисленні геометричного середнього коефіцієнтів забруднення кількома хімічними елементами. Цей підхід реалізовано в так званому «**інтегральному індексі забруднення» PLI** (Pollution Load Index), який визначають за формулою:

$$\mathrm{PLI} = \sqrt[n]{\mathrm{CF}_1 \times \mathrm{CF}_2 \times \cdots \times \mathrm{CF}_n}$$

де PLI – інтегральний індекс забруднення; CF*i* – коефіцієнт забруднення *i*-м елементом, що визначається як відношення його фактичного вмісту до відповідного фонового значення; n – кількість елементів, включених до розрахунку.

На відміну від сумарного показника Zc, під час розрахунку PLI враховують усі досліджувані елементи, зокрема й ті, фактичний вміст яких нижчий за фоновий (CFi < 1).

Якщо PLI = 1 – це відповідає фоновому рівню сукупного забруднення, PLI > 1 свідчить про підвищення сукупного відносного вмісту досліджуваних елементів, а PLI < 1 – про нижчий за прийнятий фон інтегральний показник.

Zc і PLI є альтернативними способами узагальнення даних, а не взаємозамінними показниками. Zc враховує лише елементи з перевищенням фонового вмісту та використовує поправку на їх кількість; PLI відображає геометричне середнє коефіцієнтів забруднення включених до розрахунку елементів. Тому їхні значення не можна безпосередньо порівнювати або інтерпретувати за однією шкалою.

Отже, комплексна оцінка забруднення має доповнювати, а не замінювати оцінювання за окремими речовинами. Навіть за невисокого інтегрального показника вміст окремого елемента може перевищувати ГДК, тоді як високий сумарний показник відносно фону сам по собі не доводить перевищення нормативів. Висновок про небезпечність забруднення формують з урахуванням індивідуальних концентрацій, відповідних нормативів та властивостей ґрунту.

РОЗДІЛ 4

ЯКІСНА ОЦІНКА ҐРУНТІВ

Для оцінки родючості ґрунту та його екологічного стану використовують агрохімічний паспорт поля, який характеризує сучасний стан родючості ґрунту та ступінь його забруднення токсичними агрохімікатами, важкими металами, та радіонуклідами, а також матеріали великомасштабного обстеження ґрунтового покриву (нариси, ґрунтові карти) і матеріали детального агрохімічного обстеження ґрунтів.

4.1. Методика оцінки родючості ґрунтів поля за розрахунковою урожайністю зернових культур

Для оцінки родючості ґрунтів поля (земельної ділянки) використовують нормативні дані урожайності зернових культур (пшениця озима, жито озиме, ячмінь озимий, ячмінь ярий, просо, овес, горох, соя) на різних агровиробничих групах ґрунтів з урахуванням гранулометричного складу, еродованості, солонцюватості тощо [1]. Нормативні врожаї розроблені на рівні адміністративних районів, областей і в цілому для України і вони відповідають переважно середнім показникам родючості того чи іншого ґрунту.

1. На конкретному полі визначають назву ґрунту і агровиробничу групу, до якої він належить. За номенклатурним списком агровиробничих груп ґрунтів встановлюють шифр агрогрупи.
2. Встановлюють нормативну врожайність для відповідної агровиробничої групи ґрунтів (табл. 46).
3. За результатами агрохімічного обстеження ґрунту, нормативну врожайність коригують на агрохімічні показники (гумус, реакція середовища, вміст рухомих форм фосфору і обмінного калію) за допомогою шкал поправочних коефіцієнтів (табл. 47-52).

Розрахункову врожайність зернових культур для агровиробничої групи ґрунтів визначають за рівнянням:

$$У\ агр = У\ нор \cdot Кі,$$

де *У агр* – урожай зернових культур розрахунковий для відповідної агровиробничої групи ґрунтів, ц/га;

У нор – урожай зернових культур нормативний для відповідної агровиробничої групи ґрунтів, ц/га;

$Кі = К_1 \cdot К_2 \cdot К_n$ – поправочні коефіцієнти на агрохімічні показники.

Приклад розрахунку

- ґрунт – темно-каштановий слабосолонцюватий мікрогумусний середньосуглинистий;
- нормативна врожайність зернових на темно-каштанових слабосолонцюватих ґрунтах – 27 ц/га.

Характеристика ґрунту за еколого-агрохімічним паспортом:
– вміст гумусу – 1,93%;
– $pH_{вод.}$ 7,8;
– вміст рухомого фосфору (за Чиріковим) – 60 мг /кг;
– вміст обмінного калію (за Чиріковим) – 121 мг/кг ґрунту.
Поправочний коефіцієнт *(K_1)* на вміст гумусу – 0,8
"-" *(K_2)* на реакцію ґрунтового розчину – 0,92;
"-" *(K_3)* на вміст рухомого фосфору – 1,0;
"-" *(K_4)* на вміст обмінного калію – 1,2;
"-" *(K_5)* на гранулометричний склад – 1,0

Поправочний коефіцієнт на солонцюватість не використовується через те, що нормативна урожайність визначена безпосередньо на солонцюватому ґрунті.

$$Уагр = 27 \text{ ц/га} \cdot (0{,}8 \cdot 0{,}92 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}0) = 23{,}8 \text{ ц/га}$$

Якщо на полі ґрунти належать до різних агровиробничих груп, то врожайність розраховують за кожною агрогрупою окремо. У цьому випадку для поля (сівозміни, сільськогосподарського підприємства) розраховують середньозважену врожайність.

$$У_{поля} = \frac{\sum (У_{агр_i} \times S_{агр_i})}{\sum S_{агр_i}},$$

де *У агр$_i$* – урожай зернових культур за „*i*” агровиробничою групою ґрунтів.

S агр$_i$ – площа „*i*” агровиробничої групи ґрунтів.

На другому етапі проводять екологічну оцінку ґрунту. Якщо забруднення ґрунту немає, то коригування врожайності на екологічні показники не проводиться. Якщо ж забруднення є, коригування урожайності проводять за допомогою поправочних коефіцієнтів. При комплексному забрудненні коригування проводять на кожний з наявних забруднювачів. Поправочний коефіцієнт на забрудненість агрохімікатами прийнято за 0,9.

Одержана врожайність зернових після коригування є прогнозною на певному полі. За нею або бонітетом, який визначається за бальною шкалою (табл. 53), оцінюють родючість ґрунту.

Ґрунт, на якому одержують 50 ц/га і більше, оцінюють у 100 балів. Шкала урожайності змінюється від 100 до 10 балів з інтервалом 2 бали. У виробничих умовах урожайність зернових (без кукурудзи) коливається

переважно в межах 10-40 ц/га, а якість ґрунту оцінюється на рівні 20-80 балів.

Таблиця 46. Урожайність зернових на основних ґрунтах Лісостепу та Степу [1, 5].

Ґрунти	Урожай зернових, ц/га
Дерново-підзолисті	21,9
Ясно-сірі лісові	22,8
Сірі лісові	29,4
Темно-сірі опідзолені	27,1
Чорноземи опідзолені	24,8
Чорноземи опідзолені глеюваті	32,1
Чорноземи реградовані	29,2
Чорноземи вилугувані	26,7
Чорноземи типові	31,0
Чорноземи мочаристі глеюваті	17,5
Чорноземи звичайні глибокі	32,2
Чорноземи звичайні	30,5
Чорноземи звичайні міцелярно-карбонатні	32,5
Чорноземи південні	29,6
Темно-каштанові слабосолонцюваті	27,0
Чорноземи карбонатні	24,3
Лучно-чорноземні	25,1

Таблиця 47. Поправочні коефіцієнти на вміст гумусу в ґрунтах [1, 5].

Зона	Вміст гумусу	Поправочний коефіцієнт
Лісостеп	<2,1	0,8
	2,1–3,0	0,9
	3,1–4,0	1,0
	4,1–5,0	1,1
	>5,0	1,2
Степ	<2,1	0,8
	2,1–3,0	0,9
	3,1–4,0	1,0
	>4,0	1,1

Таблиця 48. Поправочні коефіцієнти на вміст рухомого фосфору в ґрунті [1, 5].

За методом Кірсанова		За методом Чирікова		За методом Мачигіна	
P_2O_5, мг /кг ґрунту	коефіцієнт	P_2O_5, мг /кг ґрунту	коефіцієнт	P_2O_5, мг /кг ґрунту	коефіцієнт
< 51	0,8	< 51	0,8	< 16	0,9
51 - 100	1,0	51 - 100	1,0	16 - 30	1,0
101 – 150	1,1	101 - 150	1,2	31 - 45	1,1
> 150	1,2	> 150	1,3	>45	1,2

Таблиця 49. Поправочні коефіцієнти на вміст обмінного калію в ґрунті [1, 5].

За методом Кірсанова		За методом Чирікова		За методом Мачигіна	
K_2O, мг /кг ґрунту	коефіцієнт	K_2O, мг /кг ґрунту	коефіцієнт	K_2O, мг /кг ґрунту	коефіцієнт
< 80	0,8	< 80	0,8	< 200	0,9
81 – 120	1,0	81 – 120	1,0	201 – 300	1,0
121 – 170	1,1	121 – 180	1,2	301 – 400	1,1
> 170	1,2	> 180	1,3	> 400	1,2

Таблиця 50. Поправочні коефіцієнти на реакцію ґрунтів [1, 5].

Реакція ґрунтового розчину	pH сольовий для мінеральних ґрунтів	pH вод. (для степових ґрунтів по Кордюкову, 1999)	Коефіцієнт
Сильнолужна		9,1-10,0	0,40
Середньолужна		8,6-9,0	0,80
Слаболужна		7,6-8,5	0,92
Нейтральна та близька до нейтральної	>5,5	6,6-7,5	1,00
Слабокисла	5,1 - 5,5	6,1-6,5	0,95
Середньокисла	4,6 - 5,0		0,85
Сильнокисла	<4,6		0,70

Таблиця 51. Поправочні коефіцієнти на гранулометричний склад, еродованість, солонцюватість та засолення ґрунтів [1, 5].

Гранулометричний склад		Ступінь солонцюватості	
Легкосуглинисті	0,90	Слабосолонцюваті	0,90
Середньосуглинисті	1,00	Середньосолонцюваті	0,75
Важкосуглинисті та глинисті	0,90	Сильносолонцюваті	0,60
Ступінь еродованості		**Ступінь засолення**	
Слабоеродовані	0,90	Слабкий	0,85
Середньоеродовані	0,80	Середній	0,70
Сильноеродовані	0,70	Сильний	0,40

Таблиця 52. Поправочні коефіцієнти на рівень забруднення ґрунтів важкими металами і агрохімікатами [1, 5].

Вміст металу відносно нормативів, мг/кг	Рівень забруднення	Поправочний коефіцієнт
2 фони – < 1 ГДК	Слабозабруднений	0,9
1 ГДК – < 2 ГДК	Середньозабруднений	0,8
> 2 ГДК	Сильнозабруднений	0,7
Ґрунти забруднені агрохімікатами		0,9

Таблиця 53. Шкала бонітету ґрунтів за врожайністю зернових [1].

Урожайність, ц/га	бал	Урожайність, ц/га	бал	Урожайність, ц/га	бал
50*	100	34	68	18	36
49	98	33	66	17	34
48	96	32	64	16	32
47	94	31	62	15	30
46	92	30	60	14	28
45	90	29	58	13	26
44	88	28	56	12	24
43	86	27	54	11	22
42	84	26	52	10	20
41	82	25	50	9	18
40	80	24	48	8	16
39	78	23	46	7	14
38	76	22	44	6	12
37	74	21	42	5	10
36	72	20	40		
35	70	19	39		

* За урожайності понад 50 ц/га ґрунт оцінюють у 100 балів.

4.2. Визначення ресурсу родючості поля в зернових одиницях

Паспортизація земельних ділянок передбачає еколого-агрохімічну оцінку земель. На підставі зведеного показника еколого-агрохімічної оцінки поля, що приводиться у еколого-агрохімічному паспорті земельної ділянки, можна визначити ресурс родючості поля у зернових одиницях [1].

Ресурс поля в зернових одиницях визначає рівень його родючості та продуктивності. Він розраховується через ціну 1 бала в зернових одиницях, помножену на зведений показник еколого-агрохімічної оцінки:

$$Р_п = Ц_б \cdot П_о,$$

де $Р_п$ – ресурс поля в зернових одиницях, ц;

$Ц_б$ – ціна 1 бала в зернових одиницях = 0,41 ц;

$П_о$ – зведений показник еколого-агрохімічної оцінки, що приведений у еколого-агрохімічному паспорті поля, бал.

Ціна 1 бала – це величина урожаю сільськогосподарських культур, що припадає на один бал оцінки поля або земельної ділянки. Ціна бала є загальнодержавним показником, який визначається на основі польових дослідів на еталонних ґрунтах. Його розраховують шляхом ділення врожаю всіх сільськогосподарських культур в зернових одиницях, одержаного на еталоні без добрив за рахунок „природної" родючості ґрунту, на його еколого-агрохімічну оцінку в балах. Ціна бала виражає здатність ґрунту, залежно від його родючості, забезпечити врожай без внесення добрив. Ціна 1 бала еталонного ґрунту в цілому для України становить 0,41 ц зернових одиниць. Показник ресурсу родючості ґрунтів може використовуватися при програмуванні врожаїв сільськогосподарських культур, аналізі господарської діяльності сільськогосподарських підприємств, встановлені податку на землю, ціни землі тощо.

4.3. Агроекологічне бонітування ґрунтів

Агроекологічне бонітування проводиться на підставі порівняння властивостей ґрунту, що оцінюється, з еталонними значеннями цих властивостей. А.Сірим було запропоновано при загальному бонітуванні ґрунтів порівнювати з еталонними значеннями максимально можливі запаси продуктивної вологи, запаси гумусу, вміст фосфору і калію. Пізніше Р.Бендерським використана схема урахування вмісту мікроелементів, які у формулі розрахунку бонітету ґрунту виступають як один показник[4]. На підставі цієї схеми (методики) проводять агроекологічне бонітування при еколого-агрохімічній паспортизації полів [1].

Еталонні значення властивостей такі [5]:

- запасів продуктивності вологи у шарі 0–100 см – 200 мм;
- суми увібраних основ – 30 мг-екв/100 г;
- вмісту гумусу – 6,2 %;
- сполук азоту, що легко гідролізується, – 225 мг/кг ґрунту[1];

[1] *Вміст азоту, який тісно корелює із вмістом гумусу, а також відносно постійний вміст мікроелементів у ґрунтах є ненадійними (можливо, зайвими) показниками для їх бонітування.*

- сполук азоту за нітрифікаційною здатністю – 40,0 мг/кг ґрунту;
- для рухомих сполук: фосфору за Кірсановим – 200 мг/кг ґрунту;
- фосфору за Чириковим – 200 мг/кг ґрунту; фосфору за Мачигіним – 60 мг/кг ґрунту;
- калію за Кірсановим – 220 мг/кг ґрунту;
- калію за Чириковим – 180 мг/кг ґрунту;
- калію за Мачигіним – 400 мг/кг ґрунту;
- сірки – 12 мг/кг ґрунту;
- 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.

Еталонами для елементів живлення у залежності від методик їх визначення є такі показники (табл. 54, 55)

Таблиця 54. Еталони для елементів живлення [5].

Методика визначення елементу	Критерії (вміст у ґрунті)		
	K_2O, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	Легкогідролізований азот, мг/кг
За Кірсановим	170	250	-
За Чіріковим	200	200	-
За Мачигіним	400	60	-
За Корнфільдом	-	-	225
За Тюріним	-	-	100

Таблиця 55. Еталони для мікроелементів [5].

Методика визначення елементу	Критерії (вміст мікроелементів, мг/кг ґрунту)					
	Mn	Zn	Cu	Co	Mo	B
Для не карбонатних і малокарбонатних ґрунтів (метод Пейве-Рінькіса)	71	1,6	3,4	2,3	0,71	0,23
Для карбонатних ґрунтів (метод Крупського-Олександрової)	21	5,1	0,51	0,31	-	-

Для агровиробничої групи ґрунтів визначається бал за кожним основним показником за формулою:

$$б_i = Ф / Е \cdot 100,$$

де $б_i$ – бал діагностичного показника ґрунту (*ДАВ* – діапазону активної вологи, *г* – гумусу, *N* – азоту, *P* – фосфору, *K* – калію, а також мікроелементів – *B, Mo, Mn, Cu, Co, Zn*.

Ф – фактичне значення показника в оцінюваному ґрунті;

Е – еталонне значення показника.

Загальний бал бонітету (*Б*) визначається за формулою, в якій розраховується середній бал за діагностичними показниками, в тому числі і за мікроелементами, які оцінюються за одним середнім балом:

$$Б = \frac{б_{ДАВ} + б_г + б_N + б_P + б_K + \frac{б_B + б_{Mo} + б_{Mn} + б_{Cu} + б_{Co} + б_{Zn}}{6}}{6} \cdot K_n$$

де 6 – кількість показників,

$K_n = K_1 \times K_2 \times ... K_i$ – поправочні коефіцієнти.

Поправочними коефіцієнтами враховують ті властивості, які визначають спроможність рослин використовувати елементи живлення і вологу – це щільність, кислотність – лужність, засоленість, солонцюватість тощо. Застосовують також поправочний коефіцієнт на клімат і зрошення. Поправочні коефіцієнти на реакцію ґрунту беруть за таблицею 56. Інші модифікаційні коефіцієнти наведені у табл. 57-60 [1, 5].

Таблиця 56. Поправочні коефіцієнти на кислотність ґрунтів [5].

Ґрунти за ступенем кислотності	pH-KCl	Поправочний коефіцієнт по зонах	
		Полісся	Лісостеп, Степ
Мінеральні ґрунти			
Близькі до нейтральних	6,0–5,6	1,00	0,96
Слабокислі	5,5–5,1	0,92	0,89
Середньокислі	5,0–4,6	0,85	0,81
Сильнокислі	<4,6	0,74	0,71
Торфові грунти			
Близькі до нейтральних	>4,8	1,00	-
Слабокислі	4,8–4,2	0,92	-
Середньокислі	4,1–3,5	0,85	-
Сильнокислі	<3,5	0,70	-

Продовження таблиці 56. Поправочні коефіцієнти на лужність ґрунтів

Реакція ґрунтового середовища	pH-H2O	Поправочний коефіцієнт
Нейтральна	6,6–7,5	1,00
Слаболужна	7,6–8,5	0,92
Середньолужна	8,6–9,0	0,80
Сильнолужна	9,1–10,0	0,40
Дуже сильнолужна	10,1–12,0	0,10

Таблиця 57. Поправочні коефіцієнти на засолення і солонцюватість ґрунтів [5].

Тип засолення	Ступінь засолення (солонцюватості)	Поправочні коефіцієнти для степової і сухостепової зони
I. Засолення		
Сульфатний та хлоридно-сульфатний	Слабозасолені Середньозасолені Сильнозасолені Дуже сильнозасолені	0,88 0,75 0,45 0,29
Сульфатно-хлоридний та хлоридний	Слабозасолені Середньозасолені Сильнозасолені Дуже сильнозасолені	0,90 0,72 0,48 0,30
II. Солонцюватість		
	Слабосолонцюваті Середньосолонцюваті Сильносолонцюваті	0,88 0,68 0,55

Таблиця 58. Поправочні коефіцієнти на щільність ґрунтів середнього та важкого гранулометричного складу [5].

Рівноважна щільність, г/см^3	Оцінка ґрунтів за щільністю	Відповідний щільності вміст водотривких агрегатів >0,25 мм, %	Оцінка водотривкості структури	Поправочний коефіцієнт
> 1,5 1,40-1,50	Дуже щільні	<10 10-20	Нетривка Незадовільна	0,43 0,68
1,35-1,40 1,30-1,35	Щільні	20-30	Недостатньо задовільна Задовільна	0,75 0,80
1,25-1,30 1,25-1,20	Ущільнені	30-40	Недостатньо задовільна Задовільна	0,91 0,95
1,10-1,20 1,00-1,10	Оптимально ущільнені	40-60 60-75 (80)	Добра Відмінна	1,00 1,00
< 1,00	Розпушені	> 75 (80)	Надмірно висока	0,97

Таблиця 59. Поправочні коефіцієнти на клімат і зрошення [5].

Область	Поправочні коефіцієнти на		Область	Поправочні коефіцієнти на	
	клімат	зрошення		клімат	зрошення
Лісостеп					
Віницька	0.94	1.11	Рівненська	0.93	1.00
Київська	0.90	1,08	Хмельницька	0.96	1.03
Кіровоградська	0.86	1.21	Черкаська	0.89	1.15
Львівська	0.89	1.00	Чернігівська	0.94	1.03
Одеська	0.88	1,26	Чернівецька	0.89	1.00
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	0.88	1.25	АР Крим	0.83	1.40
Сухий степ					
Запорізька .	0.84	1.50	Одеська	0.79	1.67
АР Крим	0.73	1.75	Херсонська	0.68	1.83

Таблиця 60. Поправочні коефіцієнти на еродованість ґрунтів [5].

Ґрунти	Ступінь змитості або еродованості			
	слабкий	середній	сильний	намиті
Світло-сірі і сірі лісові (правобережний лісостеп)	0,81	0,59	0,46	1,15
Темно-сірі, чорноземи опідзолені та реградовані (правобережний лісостеп)	0,81	0,60	0,48	1,15
Чорноземи типові і вилугувані (правобережний лісостеп)	0,90	0,73	0,53	1,10
Чорноземи звичайні	0,88	0,71	0,50	1,13
Чорноземи південні	0,86	0,67	0,49	1,13

Таблиця 61. Оцінка ґрунтів за їх придатністю для сільськогосподарського виробництва [1].

Оцінка земель	Агрономічна характеристика груп земель	Клас і бал бонітету, колір на картограмі	Ґрунти, що входять до класу земель
Дуже високої якості (найкращі землі)	Землі високої продуктивності. Включають ґрунти високої потенційної родючості з оптимальною реакцією ґрунтового розчину, поживним, водно-повітряним та тепловим режимами. Займають рівнини або слабоположисті схили. Придатні для механізованого обробітку. Забезпечують високі та стійкі врожаї районованих культур	I 91 темно-сірий	Чорноземи типові глибокі середньогумусні легко- і важкосуглинисті
		II 90-81 сірий	Чорноземи типові глибокі малогумусні легко- і важкосуглинисті. Лучно-чорноземні середньо- і важкосуглинисті
Високої якості (добрі землі)	Близькі до першої групи, але нижчої продуктивності. Добре забезпечені елементами живлення. Сприятливі фізико-хімічні й агрофізичні властивості. Знижують якість земель слабо виражені негативні властивості ґрунтів. Займають рівнини і слабоположисті схили. Придатні для механізованого обробітку.	III 80-71 світло-сірий	Чорноземи типові глибокі мало- і середньогумусні середньосуглинисті. Чорноземи вилугувані мало- і середньогумусні важкосуглинисті. Чорноземи звичайні глибокі і середньоглибокі мало- і середньогумусні легко- і важкосуглинисті. Лучно-чорноземні легко- і середньосуглинисті
		IV 70-61 коричневий	Чорноземи типові вилугувані і карбонатні малогумусні легкосуглинкові. Чорноземи опідзолені середньо- і важкосуглинкові. Чорноземи звичайні неглибокі малогумусні важкосуглинисті та глинисті
Середньої якості (задовільні землі)	Помірна забезпеченість елементами живлення і продуктивною вологою. Якість земель знижують більш виражені негативні властивості ґрунтів (слабкий і середній ступінь кислотності, солонцюватість тощо) та технологічні властивості земель-них ділянок (ерозія ґрунтів,	V 60-51 світло-коричневий	Чорноземи опідзолені легко глинисті. Темно-сірі лісові середньо- і важкосуглинисті. Сірі лісові важкосуглинисті. Чорноземи південні важкосуглинкові. Чорноземи південні міцелярно-карбонатні легко глинисті.

	розчленованість місцевості ярками та балками тощо) Врожаї коливаються в широких межах залежно від окультурення. Вимагають заходів з усунення негативних властивостей ґрунтів.	VI 50-41	Чорноземи типові неглибокі слабогумусовані легкосуглинкові. Темно-сірі лісові і чорноземи опідзолені супіщані і легкосуглинкові. Сірі лісові легко- і середньосуглинкові. Світло-сірі лісові легко- і середньосуглинкові. Чорноземи південні легкоглинисті залишково-солонцюваті. Чорноземи супіщані. Лучно-чорноземні слабосолонцюваті і слабосолончакуваті.
Низької якості	Низька забезпеченість елементами живлення, незадовільні реакції ґрунтового розчину, водно-повітряний і тепловий режими. Знижують якість середньо і сильно виражені негативні властивості ґрунтів, технологічні властивості земельних ділянок (схильність до ерозії, заболоченість, дрібноконтурність, комплексність ґрунтового покриву тощо). Придатні під певні культури. Вимагають систематичного застосування підвищених доз добрив, заходи з меліорації, боротьба з ерозією тощо	VII 40-31 жовтий	Сірі лісові супіщані і сірі лісові суглинисті слабозмиті. Світло-сірі лісові супіщані і піщано-легкосуглинкові. Дерново-середньопідзолисті супіщані і легкосуглинкові. Чорноземи звичайні сильносолонцюваті і південні середньо-солонцюваті. Темно-каштанові слабо- і середньосолонцюваті легко- та важкосуглинкові.
		VII 30-21 світло-жовтий	Сірі лісові суглинкові середньозмиті. Чорноземи південні сильносолонцюваті. Каштанові солонцюваті.
Дуже низької якості	Низькопродуктивні угіддя. Включають малородючі ґрунти з дуже низькою забезпеченістю елементами живлення, незадовільним водно-повітряним, тепловим режимами і різко вираженими негативними властивостями ґрунтів. Дуже схильні до ерозії, Займають стрімкі схили, глибокі пониження тощо. Малопридатні для механізованої обробки. Задовільні урожаї можливі при внесені високих доз добрив, застосуванні меліорації	IX 20-11 оранжевий	Дерново-підзолисті і дернові глейові. Сильнозмиті різновиди чорноземів, сірих лісових, каштанових і інших ґрунтів.
Незадовіль-ної якості	Непридатні землі для землеробства без проведення складних заходів з їх окультурення	X 10 червоний	Комплекси з солончаками і солонцями корковими і мілкими; ильносолончакові, заболочені ґрунти; виходи ґрунтоутворюючих порід/

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА СТУПЕНЯ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ І ЗЕМЕЛЬ

Інтенсивне використання земель посилює антропогенний вплив, порушує природні кругообіги речовин і спричиняє зміни фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунтів, що може призводити до зниження їхньої родючості. Екологічна оцінка стану земельних ресурсів та обґрунтування напрямів їх раціонального використання вимагають застосування системного підходу, що базується на комплексному аналізі структури угідь, родючості ґрунтів та інтенсивності деградаційних процесів.

Комплексна система оцінки земель базується на чотирьох взаємопов'язаних блоках показників та критеріїв:

1. Структура угідь і екологічна стійкість земельних ресурсів;
2. Ступінь деградації ґрунтів і земель;
3. Родючість ґрунтів і продуктивність сільськогосподарських угідь;
4. Бальна оцінка (бонітування) земель.

5.1. Визначення екологічної стійкості земельних ресурсів

Екологічна стійкість агроландшафтів визначається їхньою здатністю витримувати антропогенний вплив, зберігаючи природні властивості, структуру та основні функції без незворотних змін. Ключовим індикатором такої стійкості є співвідношення між інтенсивно експлуатованими (розораними) та умовно стабільними елементами ландшафту.

Екологічну стійкість земель характеризує коефіцієнт екологічної стійкості (Ke), який відображає співвідношення площі ріллі до площі умовно стабільних угідь (сіножатей, пасовищ, земель, вкритих лісовою та чагарниковою рослинністю, боліт):

$$K_e = \frac{S_{\text{рілля}}}{S_{\text{устаб}}}$$

де $S_{\text{рілля}}$ – площа ріллі в межах досліджуваної території (адміністративного району, господарства, водозбору), га або %; $S_{\text{устаб}}$ – площа умовно стабільних угідь (сіножаті, пасовища, ліси, чагарники, болота, водні об'єкти), га або %.

Збільшення значення Ke свідчить про зростання антропогенної порушеності території, спрощення структурно-функціональної організації ландшафту та зниження його самовідновлювальної здатності. При надмірному збільшенні частки ріллі порушується гідрологічний режим

території, знижується біорізноманіття та інтенсифікуються ерозійні процеси.

В Україні спостерігається чітко виражена географічна диференціація екологічної стійкості земельних ресурсів. Найбільш стійкими є землі північних (Полісся) та західних областей, де значення $Ke > 0,7$ завдяки значній частці лісів, луків та боліт. Найбільш вразливими є землі південних і східних областей (зокрема Степової зони), де значення $Ke < 0,3$, а рівень розораності території часто перевищує 70-80%. Надмірна розораність у посушливих умовах півдня України супроводжується високим ризиком вітрової та водної ерозії, дегуміфікації тощо.

Для підвищення екологічної стійкості земельних ресурсів рекомендується оптимізувати структуру угідь шляхом зменшення площ розораних земель, особливо у районах із вираженими ерозійними процесами, із подальшим виведенням (консервацією) малопродуктивних і деградованих земель під залуження або заліснення.

5.2. Оцінка ступеня деградації ґрунтів і земель

Ґрунтова деградація є складний процесом погіршення властивостей ґрунтів, зниження їхньої родючості та часткової або повної втрати природно-господарської цінності під впливом антропогенних чинників і пов'язаних із ними несприятливих природних явищ.

За генезисом, повторюваністю та природно-господарською значущістю наслідків виділяють наступні типові види деградацій ґрунтів і земель:

- **технологічна (експлуатаційна) деградація,** в тому числі:
  - а) порушення,
  - б) технологічна деградація ґрунтів,
  - в) агровиснаження;
- **забруднення;**
- **ерозія,** в тому числі:
  - а) водна,
  - б) вітрова;
- **спустелення.**

Технологічна (експлуатаційна) деградація – це погіршення властивостей ґрунтів у результаті надлишкових технологічних навантажень, які руйнують ґрунтовий покрив, погіршують його фізичний стан і агрономічні характеристики, внаслідок чого втрачається природно-господарське значення земель.

У свою чергу, порушення земель – це механічне руйнування ґрунтового покриву, яке зумовлене відкритими чи закритими розробками корисних копалин, будівельними і геолого-пошуковими роботами тощо. До

порушених земель належать усі землі зі знятим чи перекритим гумусовим горизонтом і непридатні для використання в землеробстві без попереднього відновлення родючості шляхом рекультивації земель.

Технологічна деградація ґрунтів включає процеси погіршення комплексу фізичних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних та інших властивостей ґрунтів. Включає деградацію, обумовлену низькою культурою землеробства (землеробська деградація ґрунтів), порушеннями чи прорахунками при меліорації земель (меліоративна деградація ґрунтів) тощо. Наслідки такої деградації проявляються у вигляді зниження ґрунтової родючості, порушення ґрунтової структури, ущільнення, збіднення ґрунтової біоти, дегуміфікації, злитизації, засолення, осолонцювання, несприятливого перерозподілу поверхневих вод, локального вимокання чи посухи тощо. У такому разі можна виділити види деградації. Наприклад.

Агрозлитизація – ущільнення ґрунту (поява підплужного ущільненого горизонту), укрупнення агрегатів (набуття бриластостої структури) з погіршенням водно-фізичних властивостей (звуженням діапазону доступної вологи, зменшенням водопроникності тощо) в результаті дегуміфікації, осолонцювання, ущільнення важкою технікою.

Засолення – це надлишкове накопичення водорозчинних солей і можлива зміна реакції середовища внаслідок трансформації у ґрунтах катіонно-аніонного складу солей при піднятті рівня ґрунтових вод, зрошенні мінералізованими водами.

Осолонцювання – це процес набуття ґрунтом специфічних морфологічних ознак та негативних властивостей, у першу чергу підвищення лужності, щільності, погіршення структурності, зумовлених входженням іонів натрію і магнію в ґрунтово-вбирний комплекс. Відбувається в основному при зрошенні водами низької якості.

Заболочення – це зміна водного режиму, що проявляється в збільшенні періодів тривалого перезволоження, підтоплення та затоплення ґрунтів.

Переосушення (аридизація осушених земель) відбувається за рахунок пониження ґрунтових вод нижче критичного рівня, особливо на ґрунтах з низькою гідробуферною здатністю. Це зумовлює довготривале погіршення водного режиму через зменшення запасів вологи нижче межі вологості в'янення.

Агровиснаження ґрунтів – це втрата їхньої родючості внаслідок збіднення елементами мінерального живлення, несприятливих змін ґрунтово-вбирного комплексу, реакції середовища, зменшення вмісту і погіршення якості органічної речовини, збіднення ґрунтової біоти. Агровиснаження зумовлене, як правило, порушенням системи землеробства при вирощуванні культур у сільськогосподарському виробництві й супроводжується деградацією ґрунтів.

Забруднення ґрунтів – це надмірне накопичення в них токсичних речовин (пестицидів, важких металів та радіонуклідів) внаслідок антропогенного впливу на довкілля.

Ерозія – це руйнування ґрунтового покриву під дією поверхневого стоку та вітру. Катастрофічні прояви ерозійних процесів призводять практично до повного руйнування ґрунтового покриву і формування земель типу бедленд.

Спустелення. Термін "спустелення" не відноситься до розширення границь існуючих пустель. Спустелення означає деградацію земель – дефляцію і водну ерозію, вторинне засолення, осолонцювання і дегуміфікацію ґрунтів, деградацію рослинного покриву – у засушливих і сухих субгумідних районах (тобто там, де відношення середнього щорічного рівня опадів до можливого випаровування менше 0,65) у результаті дії різних факторів, включаючи зміну клімату і діяльність людини. Це явище відбувається тому, що посушливі екосистеми є дуже уразливими до надмірної експлуатації і застосування неадекватних методів землекористування. Міжнародне співтовариство вже давно визнало, що спустелення є великою економічною, соціальною й екологічною проблемою для багатьох бідних країн світу. Генеральною Асамблеєю в 1994 році був проголошений Всесвітній день боротьби із спустеленням і засухою, що відзначається 17 червня. У тому ж 1994 році була прийнята Конвенція Організації Об’єднаних Націй по боротьбі із спустеленням.

Оцінка ступеня деградації ґрунтів і земель

Характеризуючи стан ґрунтів для кожного конкретного типу деградації, виділяють специфічні і додаткові показники (останні дають змогу уточнити інформацію, з’ясувати причини деградації, а також характеризують наслідки деградації). Перелік показників залежить у першу чергу від типу деградації і особливостей землекористування. Багато показників є характеристиками властивостей ґрунтів в абсолютному вираженні, але в багатьох випадках необхідно застосовувати порівняльні або відносні показники, що характеризують властивості ґрунтів відносно "еталонного" стану, який відповідає нульовому рівню втрати природно-господарської значимості земель. Використовують також показники, які характеризують швидкість зміни стану або інтенсивності деградаційних процесів (табл. 62).

Ступінь деградації ґрунтів і земель за кожним діагностичним (у тому числі додатковим) показником характеризується п’ятьма рівнями [1]:

0 – деградація практично відсутня. Недеградовані (непорушені) ґрунти;
1 – деградація слабка. Слабодеградовані ґрунти;
2 – деградація середня. Середньодеградовані ґрунти;
3 – деградація висока. Сильнодеградовані ґрунти;
4 – деградація надто висока (кризова). Дуже сильнодеградовані (зруйновані ґрунти).

Таблиця 62. Визначення ступеня деградації ґрунтів і земель [1]

Показники	Ступінь деградації				
	0	1	2	3	4
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Потужність абіотичних наносів, см	<2	2-10	11-20	21-40	>40
Глибина провалів, см від поверхні (без розриву суцільності)	<20	21-40	41-100	101-200	>200
Зменшення вмісту фізичної глини на величину, %	<5	5-16	16-25	26-32	>32
Збільшення щільності орного шару ґрунту, в % від вихідного значення*	<10	11-20	21-30	31-40	>40
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Стабільна структурна (мікроагрегатна, без врахування тріщин), шпаруватість, $см^3$ / г	>0,2	0,11-0,2	0,06-0,1	0,02-0,05	<0,02
Текстурна шпаруватість (внутріагрегатна), $см^3$/г	>0,3	0,26-0,3	0,2-0,25	0,17-0,19	<0,17
Коефіцієнт фільтрації, м/доба	>0,1	0,3-1,0	0,1-0,3	0,01-0,1	<0,01
Кзм'янистість, % покриття	<5	6-15	16-35	36-70	>70
Зменшення потужності профілю (H+E; H+Hp), % від вихідного*	<3	3-25	26-50	51-75	>75
Зменшення запасів гумусу в профілі ґрунту (A+E; H+Hp), в % від вихідного*	<10	11-20	21-40	41-80	>80
Зменшення вмісту мікроелементів (Мп, Со, Мо, В, Си, Fe) в % від середнього ступеня забезпеченості	<10	11-20	21-40	41-80	>80
Зменшення вмісту рухомого фосфору, в % від середнього ступеня забезпеченості	<10	11-20	21-40	41-80	>80
Зменшення вмісту обмінного калію, в % від середнього ступеня забезпеченості	<10	11-20	21-40	41-80	>80
Зменшення ступеня кислотності (pH сол.), в % від середнього ступеня кислотності	<10	11-15	16-20	21-25	>25
Втрата ґрунтової маси т/га/рік	<5	6-25	26-100	101-200	>200
Площа оголеної ґрунтоутворючої породи (P) або підстеляючої породи (D), % від загальної площі	0-2	3-5	6-10	11-25	>25
Збільшення площі еродованих ґрунтів, % в рік	<0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	>5,0
Глибина розмиву і водоритвин щодо поверхні, см	<20	21-40	41-100	101-200	>200
Розчленованість території ярами, $км/км^2$	<0,1	0,1-0,3	0,4-0.7	0,8-2,5	>2,5

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Дефляційне нанесення неродючого шару, см	<0,2	3-10	11-20	21-40	>40
Площа виведених із землекористування угідь (без рослинності на природних угіддях), % від загальної площі	<10	11-30	31-50	51-70	>70
Проективне покриття пасовищною рослинністю, % від загального	>90	71-90	51-70	11-50	<10
Швидкість росту площі деградованих пасовищ, % в рік	<0,25	0,26-1,0	1,1-3,0	3,1-5,0	>5,0
Площа рухомих пісків, % від загальної площі	0-2	2-5	6-15	16-25	>25
Збільшення площі рухомих пісків, % в рік	<0,25	0,26-1,0	1,1-2,0	2,1-4,0	>4,0
Вміст суми токсичних солей у верхньому родючому шарі, %: – за наявності соди – для інших типів засолення	 <0,1 <0,1	 0,11-0,2 0,11-0,25	 0,2-0,3 0,26-0,5	 0,31-0,5 0,51-0,8	 >0,5 >0,8
Збільшення токсичної лужності (при переході нейтрального типу засолення до лужного), мг-екв/100 г ґрунту	<0,7	0,71-1,0	1,1-1,6	1,7-2,0	>2,0
Збільшення площі засолених ґрунтів, % в рік	0-0,5	0,51-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	>5,0
Осолонцювання ґрунтів, вміст вбирних Na'+K', % від суми обмінних катіонів: важкі ґрунти легкі ґрунти	 <1 <5	 <3 <5	 3-6 5-8	 6-10 8-12	 >10 >12
Збільшення вмісту вбирного магнію, % від ємності катіонного обміну	<40	41-50	51-60	61- 70	>70
Підняття прісних (<1-3 г/л) ґрунтових вод, м: в гумідній зоні в степовій зоні	 >1,0 >4,0	 3,1-4,0 3,1-4,0	 2,1-3,0 2,1-3,0	 1,0-2,0 1,0-2,0	 <1,0 <1,0
Підняття рівня мінералізованих (>3 г/л) ґрунтових вод, м	>7	5-7	5-3	3-2	<2
Затоплення (поверхневе перезволоження), місяці	<3	3-6	6-12	12-18	>18
Спрацювання торфу, мм/рік	0-1	1-2,5	2,6-10	11-40	>40

Примітка. * За вихідний приймається стан недеградованого аналогу (нульовий ступінь деградації).

Оцінка ступеня деградації зрошуваних земель

Для оцінки стану зрошуваних земель необхідно використовувати такий комплекс показників: якість зрошувальних вод; глибину залягання

ґрунтових вод; мінералізацію ґрунтових вод; ступінь засолення верхнього метрового шару ґрунтів; ступінь солонцюватості ґрунтів; ступінь підлужнення ґрунтів; ступінь забруднення ґрунтів; склад і вміст гумусу; щільність і структурно-агрегатний склад ґрунтів; особливості прояву негативних екзогенних процесів (просадки і суфозія, ерозія, зсуви тощо).

Для визначення ступеня деградації ґрунтів, перш за все, використовують ґрунтові характеристики (табл. 63-64). При загальній оцінці еколого-агромеліоративного стану зрошуваних та вилучених зі зрошення земель враховують ширший комплекс показників: гідрогеологічні й ґрунтово-меліоративні показники, врожайність сільськогосподарських культур, рівень забруднення токсикантами зрошувальних, ґрунтових й дренажних вод, ґрунтів, продукції [7].

Таблиця 63. Діагностичні критерії ступеня деградації зрошуваних ґрунтів [11]

№ п/п.	Критерії, показники, одиниці виміру	Недеградований ґрунт	Ступінь деградації		
			Слабкий	Середній	Сильний
		0	1	2	3
1	Засоленість ґрунтів, вміст солей	незасолений	слабозасолений	середньозасолений	сильнозасолений
2	Осолонцювання ґрунтів	несолонцюваті	слабосолонцюваті	середньосолонцюваті	сильносолонцюваті
3	Підлужування ґрунтів	немає	слаболужні	середньолужні	сильнолужні
4	Зменшення вмісту гумусу, % від початкового (еталонного)	нема	до 5	5-20	>20
5	Агрофізичний стан ґрунтів: вміст повітряно-сухих агрегатів (0,25-10,0 мм), %	>70	60-70	40-60	<40
	вміст водостійких агрегатів (>0,25 мм), %	>45	35-45	25-35	<25
	рівноважна щільність, г/см^3				
	важкі ґрунти	<1,3	1,3-1,4	1,4-1,6	>1,6
	легкі ґрунти	<1,3	1,3-1,5	1,5-1,6	>1,6
6	Забруднення ґрунтів: сумарний показник ступеня забруднення ґрунтів важкими металами (Zc), мг/кг ґрунту	<16	16-32	35-128	>128
	вміст водорозчинного фтору, мг/кг ґрунту	<6	6-10	10-20	>20

Таблиця 64. Показники та категорії еколого-меліоративного стану зрошуваних земель України (стосовно дрібномасштабного картографування) [11]

№ п/п	Показники	Категорії стану земель та оцінка стану			
		Добрий та задовільний	задовільний із загрозою погіршення	незадо-вільний	кри-зовий
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Якість іригаційних вод: агрономічні критерії	l-й клас: придатні	l-й клас: придатні	2-й клас: обмежено придатні	3-й клас: непридатні
2	Глибина грунтових вод у відношенні до критичної (Нкр), м	глибше Нкр	дорівнює Нкр	менше Нкр	–
3	Мінералізація ґрунтових вод, г/дм^3 >Нкр (до 5 м) <Нкр (більше 5 м)	 < 3 < 1	 > 3 1-3	 – 3-5	 – >5
4	Ступінь засоленості верхнього метрового шару грунтів	незасолений	слабозасолений	середньозасолений	сильнозасолений
5	Ступінь солонцюватості грунтів	несолонцюваті	слабосолонцюваті	середньосолонцюваті	сильносолонцюваті

Оцінка ступеня деградації осушених земель

В Україні осушені землі найбільше поширені в Поліссі та західних областях, де осушувальні меліорації проводили на перезволожених мінеральних і торфових ґрунтах. На півдні України осушені землі поширені переважно в долинах малих річок, де осушення здійснювали для регулювання водного режиму перезволожених ділянок.

Осушення земель змінює водний режим ґрунтів і може спричиняти розвиток деградаційних процесів, характер і інтенсивність яких залежать від властивостей ґрунтів, глибини осушення та умов землекористування. На осушених землях можуть проявлятися такі види деградації: 1) дегуміфікація мінеральних ґрунтів; 2) спрацювання торфових ґрунтів; 3) переосушення; 4) хімічна деградація (озалізнення, окарбоначення, засолення, підкислення, підлужнення); 5) вторинне заболочування; 6) водна та вітрова ерозія; 7) надмірне ущільнення верхніх горизонтів ґрунту; 8) забруднення ґрунтів.

Рівень деградації осушених земель визначають за кількісними показниками властивостей ґрунтів і характеристиками інтенсивності та поширення деградаційних процесів. Відповідні критерії дають змогу оцінити ступінь змін ґрунтового стану та обґрунтувати необхідні заходи з охорони й раціонального використання осушених земель (табл. 65).

Таблиця 65. Нормативна оцінка агроекологічного стану осушених земель [1]

Деградація		Діагностичні критерії	Одиниці виміру	Рівень деградації				
Групи	Види			0	1	2	3	4
Механічна	Вітрова і водна ерозія	Зменшення глибини гумусових горизонтів	в % від вихідної	<10	10-20	20-40	40-60	>60
	Ущільнення ґрунту	Щільність: суглинок супісок, пісок	г/см^3	<1,2 <1,5	1,2-1,3 1,5-1,6	1,3-1,4 1,6-1,7	1,4-1,5 1,7-1,9	>1,5 >1,9
		Загальна шпаруватість	%	>55	55-50	50-45	45-40	<40
Біохімічна	Дегуміфікація	Втрати гумусу	% від еталону	<5	5-10	10-20	20-30	>30
	Спрацювання осушених торфовищ	середньорічна втрата торфу	т/га	<3	3-6	6-12	12-20	>20
Хімічна	Озалізнення	Вміст валових сполук заліза (Fe_2O_3)	% ваг.	<4	4-8	8-15	15-30	>30
	Окарбоначення	Вміст $CaCO_3$		<10	10-20	20-30	30-40	>40
	Осолонцювання	Вміст увібраного Na	% від суми увібраних основ	<3	3-5	5-8	8-10	>10
	Підкислення і декальцинація	Вапняковий потенціал	pH-0,5pCa	>4,5	4,5-3,5	3,5-3,0	3,0-2,0	<2,0
Радіоло-гічна	Забруднення радіонуклідами	Щільність забруднення	Кі/км^2	<0,5	0,5-1,0	1,0-5,0	5,0-15,0	>15,0

Оцінка агроекологічного стану кислих і солонцевих ґрунтів

В Україні кислі ґрунти найбільше поширені в Поліссі та західних областях, тоді як солонцюваті ґрунти характерні для Степу, зокрема для зрошуваних земель. Їхній стан потребує систематичного моніторингу, оскільки підкислення й розвиток солонцюватості впливають на родючість ґрунтів, доступність елементів живлення та умови росту рослин.

Для оцінювання агроекологічного стану кислих і солонцюватих використовують переважно кількісні показники фізико-хімічних властивостей: pH, гідролітичну кислотність, а для солонцюватих ґрунтів – показники вмісту обмінного натрію Ці характеристики дають змогу визначити вираженість несприятливих властивостей ґрунту й обґрунтувати потребу в меліоративних заходах (табл. 66).

Таблиця 66. Нормативи оцінок агроекологічного стану кислих і солонцевих ґрунтів [1]

Оціночні критерії	Агроекологічний стан				
	Благопо-лучний	Передкризовий (вираженість)			Кризо-вий
		слабкий	середній	виражений	
pH_{H_2O} солонцеві ґрунти кислі ґрунти	 <7,2 >6,0	 7,2-7,5 6,0-5,5	 7,5-8,0 5,5-5,0	 8,0-8,5 5,0-4,5	 >8,5 <4,5
pH_{KCl}	>5,5	5,5-5,0	50-4,5	4,5-4,0	<4,0
Гідролітична кислотність, мг-екв/100г	<2,0	2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-6,0	>6,0
Частка у ґрунтовому вбирному комплексі, % Ca^{2+} Na^{+}	 >80 <5	 80-70 5-10	 70-60 10-15	 60-50 15-20	 <50 >20
Вапняний потенціал pH–0,5pCa	>4,5	4,5-3,5	3,5-3,0	3,0-2,5	<2,5
Солонцевий потенціал pNa–0,5pCa	<4.2	4.2-5.0	5.0-6.5	6.5-7.0	>7.0
Коефіцієнт pH-буферної ємкості	<0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	>0,8

5.3. Нормативно-правові та агроекологічні засади консервації деградованих

Результати кількісної оцінки деградації ґрунтів і земель є юридичною та економічною основою для розрахунку збитків, заподіяних виснаженням чи забрудненням, а також для встановлення спеціальних режимів подальшого землекористування.

Згідно зі статтею 51 Закону України «Про охорону земель» та Земельним кодексом України, консервація земель здійснюється шляхом припинення або обмеження їх господарського використання на визначений термін із виконанням заходів із залуження, заліснення або ренатуралізації. Порядок консервації земель визначено постановою Кабінету Міністрів України від 19 січня 2022 року № 35 «Про затвердження Порядку консервації земель». Відповідно до законодавства, консервація здійснюється згідно з робочим проєктом землеустрою щодо консервації земель, у якому визначають види й способи консервації, строки її проведення та напрями подальшого використання земель.

Узагальнені критерії, за якими землі підлягають консервації:

- Ерозійна небезпека та фактична еродованість – землі, що зазнали сильного або середнього змиву чи видування ґрунту (табл. 67).

- Несприятливі властивості ґрунтів – рілля, у ґрунтах якої виявлено показники, що зумовлюють необхідність консервації.

- Деградований стан ґрунтів, в тому числі забруднення – істотне погіршення властивостей ґрунту, яке обмежує можливість раціонального використання земель.

- Малопродуктивність земель – низька продуктивність, за якої господарське використання земель є економічно неефективним.

Таблиця 67. Показники, що характеризують ґрунтові властивості, які зумовлюють необхідність консервації земель (за Новаковським, Канашом, Льонець)

Властивості і ознаки ґрунтів	Одиниці виміру	Показники властивостей ґрунтів (з урахуванням місцеположення)
Еродованість (змитість та дефльованість)	Зменшення глибини генетичних горизонтів	Розмиті, сильнозмиті, середньозмиті ґрунти; середньо- і сильнодефльовані
Скелетність	Вміст уламків гірських порід розміром понад 3 мм	>20% від ваги ґрунту (>30% площі, 700 $м^3$/га
Легкий гранулометричний склад	Вміст фізичної глини (гранул <0,01 мм)	а) зона Полісся – до 5 б) зона Лісостепу – до 10 в) степові зони і південні райони Лісостепу (крім Західного) – до 20
Важкий гранулометричний склад	Вміст фізичної глини (гранул <0,01 мм)	У Прикарпатті – понад 50, для решти зон, провінцій: а) на лесових породах >75 б) на нелесових >60
Гумусованість	Вміст гумусу, % від ваги ґрунту	а) у Поліссі – менше 0,6 б) у Лісостепу – менше 1,5 в) у Степу – менше 2
Реакція ґрунтового розчину	pH	В усіх зонах: а) до 4 б) понад 8
Вміст рухомого алюмінію	мг-екв/100 г грунту	Понад 3
Вміст увібраного натрію	5 від суми вбирних основ	а) для автоморфних ґрунтів > 5 б) для напівгідроморфних і гідроморфних ґрунтів > 10
Засолення	% токсичних солей	Понад 0,4
Карбонатність	% від ваги грунту	Понад 30
Фізична деградація	Щільність, г/$см^3$	Понад 1,5 для суглинистих і глинистих ґрунтів Понад 1,8 для супіщаних і піщаних грунтів
Хімічне забруднення	Ступінь перевищення сумарних розрахункових нормативних величин	Більше як у 4 рази
Радіаційне забруднення	Щільність забруднення місцевості ^{137}Cs, Кі/$км^2$	Понад 15 для мінеральних грунтів, Понад 5 для органогенних грунтів

Таблиця 68. Показники властивостей ґрунтів долин річок Північно-західного Причорномор'я, що обумовлюють необхідність консервації і трансформації заплавних земель

Властивості і ознаки ґрунтів	Одиниці виміру	Показники властивостей ґрунтів
Засолення	Сума легкорозчинних солей при хлоридно-сульфатному типі засолення, %	Понад 0,5-1,0 у шарі 0-60 см для лучноземів зернистих і ясногумусових
Солонцюватість	pNa увібраний натрій, % від суми вбирних основ	<2,5 >3% для лучноземів ясногумусових >5% для лучноземів зернистих
Перезволоження і окисно-відновна буферність	Кількість періодів з Eh: 300-200 мВ <200 мВ. Інтенсивність розвитку відновних процесів, %	В гумусовому шарі: – не більше двох – немає >200% від зональних чорноземів
Легкий гранулометричний склад	Вміст фізичної глини (гранул <0,01 мм)	<15
Важкий гранулометричний склад	Вміст фізичної глини (гранул <0,01 мм)	>60
Вміст гумусу	% в шарі 0-30 см	<1,5

5.4. Оцінювання еродованості ґрунтів та ерозійної небезпеки

Оцінка розвитку ерозійних процесів

Ґрунти характеризуються відповідною потужністю гумусового шару. Так, наприклад, чорноземи південні в південно-західній Україні мають потужність гумусового шару (Н + Нр) приблизно 55 см. Змив або видування верхнього шару ґрунту призводить до скорочення потужності гумусового шару ґрунтів і зменшення у них запасів гумусу.

При досліджені й характеристиці еродованих ґрунтів визначають які саме горизонти ґрунтів знесені при водній або вітровій ерозії, за рахунок яких горизонтів поповнюється орний шар шляхом підорювання, яка родючість нового орного шару і горизонтів, що залишилися.

Ступінь змитості визначають за наявністю у ґрунтовому профілі не зруйнованих ще ерозією генетичних горизонтів ґрунтів. За характером змиву основних генетичних горизонтів змиті ґрунти поділяються на чотири категорії: слабозмиті, середньозмиті, сильнозмиті і дуже сильно змиті (зруйновані) ґрунти. Але кількісна оцінка водної площинної ерозії

передбачає не тільки визначення фактичної еродованості ґрунтового покриву, але й розрахунок потенційної небезпеки ерозії при певному рівні імовірності дії факторів ерозії.

Діагностика еродованості ґрунтів

Показники для цілинних ґрунтів

Дерново-підзолисті та ясно-сірі лісові ґрунти

Слабозмиті. Змитий частково (не більше половини) гумусово-елювіальний горизонт (Не).

Середньозмиті. Змитий частково або повністю елювіальний (Е) горизонт.

Сильнозмиті. Змитий частково або повністю ілювіальний горизонт.

Сірі й темно-сірі лісові ґрунти

Слабозмиті. Змито не більше половини гумусово-елювійованого горизонту (горизонт темного кольору без бурих плям ілювійованого горизонту)

Середньозмиті. Змитий більше ніж наполовину або повністю гумусовий елювійований (Не) горизонт.

Сильнозмиті. Змитий частково або повністю ілювіальний горизонт (гумусово-ілювіальний або ілювіальний).

Чорноземи, каштанові й бурі лісові ґрунти

Слабозмиті. Змито не більше половини гумусо-акумулятивного (Н) горизонту.

Середньозмиті. Змито більше половини або повністю гумусо-акумулятивний (Н) горизонт.

Сильнозмиті. Змитий частково або повністю гумусовий перехідний (Нр) горизонт.

Показники для орних ґрунтів

На орних землях діагностика ступеня еродованості ґрунтів значно ускладнена, особливо для тих ґрунтів, потужність гумусового горизонту яких незначна. У цьому випадку орний горизонт складається з суміші різних горизонтів, що утруднює визначення ступеня змитості ґрунту безпосередньо за зміною потужності верхнього горизонту в ґрунтовому профілі. У таких випадках використовують непрямі показники або показники еталонних ґрунтів, а також середньостатистичні дані по нееродованих ґрунтах досліджуваної території.

Дерново-підзолисті та ясно-сірі лісові ґрунти з середньою глибиною оранки не менше 18-20 см

Слабозмиті. У ріллю захоплений увесь гумусово-елювіальний (НЕ) горизонт і порушена оранкою верхня частина елювіального (Eh) горизонту, внаслідок чого орний шар набуває білястого кольору або має бурий відтінок

порівняно з незмитим ґрунтом. На поверхні ріллі мілкі вимоїни. Запас гумусу у верхньому (30 см) шарі зменшуються на 20-25% відносно запасу в незмитому ґрунті.

Середньозмиті. Змито частково або повністю підзолистий (Eh) горизонт. У ріллю захоплена верхня частина ілювіального (I_1) горизонту, внаслідок чого майже зникають морфологічні ознаки підзолистих ґрунтів і зменшується диференціація ґрунтового профілю загалом. Колір ріллі стає бурим і звичайно сильно плямистим. Ґрунти є на схилах з ухилами 3-5°; поверхня ріллі розмита густою сіткою вимоїн.

Сильнозмиті. Трапляються на ріллі лише окремими ділянками. Розорюється середня або нижня частина ілювіального (I_1) горизонту; верхня частина ґрунтового профілю повністю змита, через що складно діагностувати ґрунт. Ґрунти поширені на хвилястих схилах з ухилами 5-8°.

Сірі й темно-сірі лісові ґрунти з середньою глибиною оранки не менше 20-22 см при початковій потужності гумусових горизонтів 30-40 см

Слабозмиті. Гумусовий горизонт (НЕ, Не) змитий не більше ніж на одну третину початкової потужності. Гумусовий ілювіальний горизонт (I_1h, HI_1) в ріллю не потрапляє зовсім або дуже рідко; під час оранки під цукрові буряки захоплюється його верхня частина по межі між горизонтами.

Середньозмиті. Гумусовий горизонт (НЕ, Не) змитий більше, ніж на третину, в ріллю потрапляє частина гумусового ілювіального горизонту (I_1h, HI_1). Орний горизонт має буруватий відтінок.

Сильнозмиті. Гумусовий горизонт змитий повністю, орний шар утворений в основному з ілювіального горизонту (I_2) й має бурий колір. Визначення підтипу ґрунту (сірий чи темно-сірий) практично неможливе.

Потужні й середньопотужні чорноземи всіх підтипів з середньою глибиною оранки не менше 22 см при початковій потужності гумусових горизонтів понад 50 см

Слабозмиті. Змито до однієї третини гумусового горизонту. Орний шар не відрізняється за кольором від незмитих ділянок ріллі. Потужність підорного гумусового шару зменшена на 25%; на 10% зменшені запаси гумусу порівняно з нееродованим ґрунтом.

Середньозмиті. Змитий більше ніж наполовину гумусовий горизонт. Орний шар відзначається незначним буруватим відтінком. Простежується скорочення підорного гумусового шару і запасів гумусу в ньому до 50% порівняно з нееродованим ґрунтом.

Сильнозмиті. Змитий повністю гумусовий горизонт (Н + Нр) і частково гумусовий перехідний горизонт. Орний шар має буруватий або бурий колір, добре виражену брилуватість і схильність до утворення кірки. Відмічається зменшення запасів гумусу до 75% порівняно з нееродованим ґрунтом.

Малопотужні чорноземи і каштанові ґрунти з середньою глибиною оранки не менше 20 см при потужності гумусових горизонтів до 50 см

Слабозмиті. Змито 30% початкової потужності гумусового горизонту (Н + Нр). У ріллю потрапляє невелика, тільки верхня темнозабарвлена частина гумусового перехідного (Нр) горизонту. Орний шар не відрізняється за кольором від незмитих ділянок ріллі і підстилається нижньою частиною укороченого горизонту Н.

Середньозмиті. Змито 30-50% гумусового горизонту (Н + Нр). При розорюванні значна частина або весь гумусовий перехідний горизонт (Нр) потрапляє в орний шар. Орний шар, що відрізняється буруватим відтінком, підстилається слабогумусованою або язикуватою частиною гумусового перехідного горизонту.

Сильнозмиті. Змитий частково перехідний горизонт Нр. Розкривається середня або нижня частина перехідного горизонту Нр. Орний шар відрізняється буруватим кольором, вираженою бриластою структурою й схильністю утворювати кірку; нерідко скипає з поверхні; підстилається нижньою частиною перехідного горизонту Ph або материнською породою.

Дуже сильно змиті або зруйновані ґрунти. Змитий цілком перехідний горизонт Нр. Розкривається материнська порода (горизонт Р). Орний шар відрізняється бурим кольором, бриластою структурою, підстилається материнською породою (Р), скипає з поверхні.

Оцінка розвитку ерозійних процесів і ерозійної небезпеки

1. Ґрунтоутворюючий процес може відновлювати ґрунти, що піддаються у природі незначній ерозії. У такому разі, норматив проявлення ерозії (як показник) повинен дорівнювати швидкості ґрунтоутворюючого процесу. Для співставлення швидкості втрат ґрунту від ерозії з швидкістю ґрунтоутворюючого процесу, який відновлює ґрунт, розраховують так звану „норму середньорічних ерозійних втрат (*N)*.

$$N = 0{,}1\% \cdot H \text{ (мм або т/га за рік)},$$

де *H* – потужність верхнього (гумусово-акумулятивного) горизонту „Н” нееродованого ґрунту в „мм” чи „т/га”. Наприклад, потужність горизонту „Н” чорнозему південного дорівнює 350 мм. Норма ерозії становитиме N = 0,1% · 350 = 0,35 мм/рік. Вага шару 1 мм ґрунту на гектарі дорівнює приблизно 10 тон, тому для даного ґрунту „нормою” є втрата за рік 4,2 т/га ґрунтової маси.

Отже, при нормальному розвиткові водно-ерозійних процесів норма середньорічної ерозійної втрати ґрунтової маси буде приблизно такою [1]:

– у дерново-підзолистих і ясно-сірих ґрунтах 1,8-2,4 т/га;

– у сірих і темно-сірих – 2,2-2,5 т/га;
– чорноземних – 2,6-4,5 т/га;
– темно-каштанових і каштанових – 2,0-2,5 т/га.

2. Під впливом ерозії родючість ґрунтів знижується:
на слабоеродованих ґрунтах на 20%,
середньоеродованих – 40%,
сильноеродованих – 60%.

На підставі цього визначають так званий „коефіцієнт еродованості” (К). Відносно повнопрофільного ґрунту (ґрунту, який має типову потужність гумусового шару) коефіцієнт еродованості складає:
для слабоеродованих ґрунтів – 1,2;
середньоеродованих – 1,4;
сильноеродованих – 1,6.

Для конкретної території показник „К” визначається як середньозважена величина. Наприклад, на конкретній території 50% ґрунтів нееродовані, 40% – слабозмиті і 10% середньозмиті. К = (50·1+40·1,2+10·1,4) : 100 = 1,12.

Оцінка розвитку водно-ерозійних процесів проводиться згідно табл. 69.

Таблиця 69. Нормативи водно-ерозійних процесів [1]

№	Ступінь розвитку водно-ерозійних процесів	Нормативи за окремими показниками	Протиерозійні заходи
1	Нормальний	Щорічні ерозійні втрати не перевищують „норму” N. Фактична еродованість істотно не впливає на родючість ґрунтів, тобто, середньозважений коефіцієнт еродованості „К” не перевищує 1,05.	Загально прийняті технології вирощування сільськогосподарських культур без додаткового протиерозійного упорядкування території.
2	Задовільний	Щорічні ерозійні втрати ґрунту перевищують „норму” N в 1,5-3 рази. Коефіцієнт еродованості „К” коливається в межах 1,05<К<1,10.	Критичний аналіз використання земель. Виявлення і усунення грубих помилок у технологічному процесі. зменшення площі ріллі, мінімалізація технологій тощо.
3	Передкризовий	Щорічні ерозійні втрати перевищують „норму” N в 3-5 разів. Коефіцієнт еродованості „К” коливається в межах 1,11<К<1,15.	Розробка генеральної схеми протиерозійних заходів. Агроландшафтне протиерозійне упорядкування території. Невідкладний перехід на екологічно „чисті” технології.

4	Кризовий	Щорічні ерозійні втрати перевищують „норму” N в 5-7 разів. Коефіцієнт еродованості „К” коливається в межах 1,15<К<1,20.	Різке скорочення ріллі (не менш ніж на 40-50%). Зміна спеціалізації сільського господарства. Суцільне залісення сильно деградованих та малопродуктивних земель.
5	Катастрофіч-ний	Щорічні ерозійні втрати перевищують „норму” N більш, ніж у 7 разів. Коефіцієнт еродованості „К” перевищує 1,2.	Планування спеціальної меліорації і рекультивації земель. Скорочення ріллі більше ніж на 50%. Оголошення території зоною екологічного лиха, що потребує державних заходів відповідно до чинного законодавства.

Таблиця 70. Норми вітрової ерозії для основних ґрунтів рівнинної території України [1]

Ґрунти	Норма ерозії, за рік	Перебільшення норми ерозії, рази					
		від-сутня	слаб-ка	се-редня	сильна	дуже сильна	катастро-фічна
Дерново-підзолисті, дернові і оглеєні, піщані і супіщані	1,5	1-1,5	1,5-15	15-45	45-150	150-450	>450
Опідзолені ґрунти, оглеєні і реградовані	3,0	1-3	3-30	30-90	90-300	300-900	>900
Чорноземи типові всіх видів	4,0	1-4	4-40	40-120	120-400	400-1200	>1200
Чорноземи звичайні всіх видів, чорноземи на щільних глинах	3,0	1-3	3-30	30-90	90-300	300-900	>900
Чорноземи південні всіх видів, чорноземи глинисто-піщані, чорноземи солонцюваті на нелесових породах	2,5	1-2,5	2,5-25	25-75	75-250	250-750	>750
Темно-каштанові, каштанові солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті, оглеєні солонцюваті, осолоділі ґрунти подів, солонці і солончаки	2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600
Чорноземи і дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних не карбонатних і карбонатних порід	2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600
Лучно-чорноземні, лучні і чорноземно-лучні ґрунти всіх видів на лесових, алювіальних і делювіальних породах	4,0	1-4	4-40	40-120	120-140	400-1200	>1200
Лучно-болотні, болотні, торфово-болотні ґрунти та торфовища	2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600

Для оцінки ерозійної небезпеки може використовуватися так звана група „непрямих показників” (табл. 71).

Таблиця 71. Нормативи для непрямої оцінки ерозійної небезпеки [1]

№	Показники	Характеристика ерозійної небезпеки				
		Відсутня	Слабка	Помітна	Сильна	Катастрофічна
1	Розораність території, %	< 40	40-45	45-50	50-60	> 60
2	Співвідношенні площ ріллі і стабільними земельними угіддями	< 1,0	1,0-1,3	1,3-1,7	1,7-3,0	> 3,0
3	Еродованість ріллі, %	< 20	21-30	31-40	41-50	> 50
4	Розораність земель на ухилах > 2°, %	< 20	21-30	31-40	41-50	> 50
5	Клас ерозійної небезпеки, сума балів	5	6-10	11-15	16-20	21-25

Класифікація еродованих ґрунтів за придатністю для сільськогосподарського виробництва

Виділяють такі категорії придатності еродованих земель:

А. Землі, які інтенсивно використовуються у землеробстві:

1-я категорія - не піддані ерозії; сприятливі для вирощування просапних і овочевих культур;

2-я категорія - піддані слабкій ерозії;

3-я категорія - піддані середній ерозії.

Ґрунти цих категорій використовуються в польових сівозмінах із застосуванням ґрунтозахисної обробки ґрунтів.

4-я категорія - піддані сильній ерозії; можуть використовуватися у системі ґрунтозахисних сівозмін (без просапних культур).

Б. Землі, придатні для обмеженої обробки:

5-я категорія - піддані сильній і дуже сильній ерозії; землі відводять під косовиці, чи пасовища або спеціальні ґрунтозахисні сівозміни з перевагою полів багаторічних трав.

В. Землі, непридатні для обробки.

6-я і 7-я категорії - схили і днища задернованих балок, слаборозчленованих вимоїнами, непридатні для включення в ґрунтозахисні сівозміни, обмежено придатні під пасовища;

8-я категорія - непридатні для землеробства, сінокосіння і випасу, але придатні для лісорозведення. Це яри всіх типів, зсуви, сильно еродовані ділянки балок.

Заходи щодо захисту ґрунтів від ерозії

Організаційно-господарські заходи

Організаційно-господарські заходи передбачають складання проекту протиерозійних заходів. Проект складають з урахуванням категорій земель у залежності від рельєфу, еродованості ґрунтів і необхідності захисту від ерозії. У групу організаційно-господарських заходів входять: внутрішньогосподарське землевпорядження з урахуванням передбачуваних заходів по боротьбі з ерозією ґрунтів; розробка структури посівних площ і схем ґрунтозахисних сівозмін; правильне розміщення границь полів для зручності проведення протиерозійних агротехнічних заходів; правильна організація розвитку населених пунктів, дорожньої мережі.

Ґрунтозахисні сівозміни

Щоб захистити ґрунти від руйнування, необхідно правильно визначити склад оброблюваних культур, їхнє чергування й агротехнічні прийоми. При ґрунтозахисних сівозмінах виключають просапні культури (тому що вони слабко захищають ґрунт від змиву, особливо навесні і на початку літа) і збільшують посіви багаторічних трав, проміжних підсівних культур, що добре захищають ґрунт від руйнування в ерозійно-небезпечні періоди і служать одним із кращих способів окультурення еродованих ґрунтів.

На схилах крутістю до 3-5° зі слабко- і середньозмитими ґрунтами, де з’являється небезпека прояву ерозії, перевага в сівозмінах віддають травам і однолітнім культурам суцільної сівби. На більш крутих схилах (крутість 5-10°) із середньо- і сильнозмитими ґрунтами, де небажано вирощувати просапні культури, у сівозмінах збільшують посіви багаторічних трав і проміжних культур, що добре захищають ґрунт від ерозії.

Агротехнічні протиерозійні заходи

Ґрунти на схилах різко відрізняються від ґрунтів на рівнинних ділянках, тому і прийоми землеробства у першому випадку повинні мати специфічний характер. Найбільш простими заходами щодо регулювання поверхневого стоку талих вод є оранка, культивація і рядовий посів сільськогосподарських культур поперек схилу, по можливості паралельно

основному напрямку горизонталей. Один з найбільш ефективних ґрунтозахисних прийомів на землях схилів – заміна полицевої обробки безполицевою (обробкою ґрунту без обороту пласта).

Лісомеліоративні протиерозійні заходи

У комплексі заходів, спрямованих на боротьбу з водною і вітровою ерозією ґрунтів, важливе місце належить агролісомеліорації через її дешевизну й екологічну нешкідливість. Основними лісомеліоративними протиерозійними заходами є: створення водорегулювальних лісосмуг у малолісистих районах, створення водоохоронних лісових насаджень навколо ставків і водойм, суцільні протиерозійні лісопосадки на сильноеродованих крутосхилах і непридатних землях, непридатних для використання в сільському господарстві.

Водорегулювальні лісосмуги

Закладаються на еродованих схилах, що використовуються під сільськогосподарські культури, і призначені для переводу поверхневого стоку у внутріґрунтовий. Число лісосмуг і відстань між ними залежать головним чином від крутизни і довжини схилу: зі збільшенням крутизни відстань між лісосмугами зменшується. Розташовуються водорегулювальні лісосмуги уздовж горизонталей. Ширина смуг повинна бути не менш 12,5 м. Скорочення або припинення змиву ґрунту і поліпшення водного режиму водорегулювальними смугами підвищують продуктивність сільськогосподарських угідь у півтора-два рази.

Водоохоронні лісові насадження навколо ставків і водойм

Створюються для захисту берегів від руйнування, водойм – від замулення продуктами ерозії. Ширина водоохоронних лісових насаджень (смуг) навколо ставків і водойм у залежності від крутості схилу і гранулометричного складу ґрунту коливається від 10 до 20 м.

Лісомеліоративні протияружні заходи

Лісомеліоративні протияружні заходи проводяться для призупинення росту і закріплення діючих ярів з метою перекладу поверхневого стоку у внутріґрунтовий, збільшення протиерозійної стійкості ґрунту, розпилення поверхневого стоку і скріплення ґрунтової маси. Лісомеліоративні ґрунтозахисні насадження сприяють підвищенню ефективності всіх заходів єдиного протиерозійного комплексу. Застосовуються два види насаджень: а) прияружні, прибалкові і надвершинні лісонасадження; б) залісення мережного фонду – днищ й укосів ярів, балок.

Прияружні і прибалочні лісосмуги

Створюються на відстані 2-5 м від брівок і над їхніми вершинами для перехоплення стокових вод і скріплення ґрунтової маси кореневими системами з метою уповільнення чи повного припинення росту ярів. Ширина прияружних і прибалочных лісосмуг повинна бути не менш 15 м. Надвершинні насадження створюються в основному над головними

вершинами діючих ярів, ширина їх відповідає ширині балок, що підводять воду; довжина залежить від площі водоскиду.

Суцільне залісення проводиться на укосах ярів крутизною 8° і більше, а також на берегах балок (лощин), що мало придатні для луків і пасовищних угідь. Залісення укосів ярів допускається тільки в тому випадку, якщо укоси сформували стійкий профіль, тобто кут їхнього природного укосу складає не більше 32° на суглинках і 26° — на супісках.

Лісові насадження на дні яру дозволяють уникнути подальшого його поглиблення. На ранній стадії розвитку дно яру вузьке і залісення зробити важко, тому спочатку усувають загати, а потім дно закріплюють вологолюбними швидкоростучими породами дерев.

Гідротехнічні споруди

За допомогою гідротехнічних споруд створюється затримка, відвід і безпечне скидання тієї частини атмосферних опадів, яку не вдається затримати на прилягаючих до ярів полях агротехнічними і лісомеліоративними прийомами.

За призначенням гідротехнічні споруди поділяються на три групи: споруди, що затримують стікаючі в яр стокові води на прибалковій смузі; споруди, що здійснюють безпечне скидання поверхневих вод у яри; споруди, що зміцнюють дно й укоси яру від подальшого розмиву і руйнування.

Води на прибалковій смузі затримують, улаштовуючи систему водоутримуючих валів, що перехоплюють у самого яру ту частину поверхневих вод, що не була затримана на водозборі. Водоутримуючі вали споруджують паралельно горизонталям поверхні на відстані не менш 15 м від вершини зростаючого яру чи схилу, що еродується, щоб запобігти скидання усієї води при одиночному прориві. Через 50-150 м під прямим кутом до осі вала будують перемички, а для скидання незатриманого стоку – водозливи. Для спорудження водоутримуючих валів і перемичок більш придатні суглинисті ґрунти.

Щоб води, які скидаються в яр, не розмивали його дно, у руслі яру встановлюють систему поперечних стінок, що розбивають подовжній профіль дна на ряд терас. Дерев’яні загати і плоти застосовуються тільки у вибалках, тому що термін їхньої дії не перевищує двох-трьох років. Закріплені яри, перетворені в задерновану балку, використовують у сільському господарстві. Багате мулистими відкладеннями дно відводять під штучні луки, а укоси – під деревні насадження або під ягідники.

РОЗДІЛ 6

ТЕМИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота по предмету «Моніторинг і охорона земель» передбачає творче опрацювання матеріалів з моніторингу і охорони ґрунтів. Результатом такої роботи можуть бути реферати, теми яких запропоновані нижче.

Тема 1 – «Еколого-агрохімічна характеристика ґрунтів (вказуються номер поля, назви сівозміни і сільськогосподарського підприємства), шляхи їхнього раціонального використання, охорони і підвищення родючості».

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує результати еколого-агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського підприємства, наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень сільськогосподарського підприємства (ґрунтові карти або картограми агрогруп ґрунтів, агрохімічні картограми, пояснювальні записки), а також відомості про експлікацію земельних угідь господарства і характер їх використання, врожайність сільськогосподарських культур у відповідній сівозміні.

План виконання роботи

Вступ

1. Відомості про сільськогосподарське підприємство
2. Узагальнена еколого-агрохімічна характеристика ґрунтів сільськогосподарського підприємства
3. Характеристика ґрунтів за еколого-агрохімічним паспортом земельної ділянки
   - 3.1. Характеристика агрофізичних властивостей
   - 3.2. Характеристика фізико-хімічних властивостей ґрунтів
   - 3.3. Оцінка вмісту гумусу і елементів живлення рослин
   - 3.4. Екологічна оцінка ґрунтів за вмістом забруднювальних і токсичних речовин
   - 3.5. Якісна оцінка ґрунтів поля
4. Оцінка балансу гумусу в ґрунтах сівозміни та рекомендації для покращення гумусового стану ґрунтів

Висновки

Література

Додатки:

А. Картограма вмісту гумусу в ґрунтах сільськогосподарського підприємства

Б. Картограма солонцюватості ґрунтів сільськогосподарського підприємства

В. Еколого-агрохімічний паспорт поля.

Тема 2 – «Оцінка ґрунтів (вказуються назва сільськогосподарського підприємства) для сільськогосподарського виробництва».

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує результати еколого-агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського підприємства, наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень (ґрунтові карти або картограми агрогруп ґрунтів, агрохімічні картограми, пояснювальні записки), а також відомості про експлікацію земельних угідь господарства і характер їх використання, врожайність сільськогосподарських культур.

План виконання роботи

Вступ

1. Відомості про сільськогосподарське підприємство (вказується його назва)
2. Склад ґрунтового покриву сільськогосподарського підприємства
3. Еколого-агрохімічна характеристика полів сівозмін сільськогосподарського підприємства
   - 3.1. Гумусовий стан ґрунтів
   - 3.2. Вміст елементів живлення рослин
   - 3.3. Властивості ґрунтів, що забезпечують умови живлення рослин
   - 3.4. Вміст елементів і речовин, що забруднюють ґрунти
4. Агроекологічне бонітування ґрунтів
5. Оцінка ґрунтів для сільськогосподарського виробництва

Висновки

Література

Додаток: Картограма оцінки ґрунтів для сільськогосподарського виробництва

Тема 3 – «Гумусовий стан ґрунту сільськогосподарського підприємства (вказуються назви ґрунту і сільськогосподарського підприємства)»

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує в основному особисті польові та лабораторні дослідження ґрунту, а також наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень у конкретному (за місцем проживання) сільськогосподарському підприємстві – ґрунтові карти або картограми агрогруп ґрунтів, агрохімічні картограми, пояснювальні записки, еколого-агрохімічні паспорти земельних ділянок тощо.

Властивості ґрунту характеризуються в курсовій роботі на основі лабораторного аналізу зразків, що самостійно відбираються студентом у сільськогосподарському підприємстві перед III семестром навчання.

План виконання роботи

Вступ

1. Загальна характеристика генези і поширення ґрунту (вказується назва ґрунту)

2. Гумус і екологічні та продуктивні функції ґрунтів

2.1. Показники гумусового стану ґрунтів

2.2. Агроекологічна роль гумусу

2.3. Динаміка гумусу і формування гумусового профілю чорноземів при їх сільськогосподарському використанні

3. Гумусовий стан ґрунту (вказується його назва) і фактори його динаміки

3.1. Взаємозв'язок властивостей ґрунту і його гумусового стану

3.1.1. Будова ґрунту і гумусовий профіль

3.1.2. Гранулометричний склад, загальні фізичні властивості і структурність ґрунтів

3.1.3. Фізико-хімічні властивості і вміст токсичних солей

3.2. Продуктивність агроценозу і оцінка балансу гумусу в ґрунті

4. Рекомендації для покращення гумусового стану ґрунту

Висновки

Література

Тема 4 – «Агромеліоративна характеристика ґрунтів сільськогосподарського підприємства (вказується його назва) і заходи, необхідні для підвищення їх родючості»

Робота виконується в разі наявності у сільськогосподарському підприємстві галоморфних ґрунтів.

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує як особисті польові та лабораторні дослідження ґрунту так і наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень у конкретному (за місцем проживання) сільськогосподарському підприємстві – еколого-агрохімічні паспорти земельних ділянок, ґрунтові карти або картограми агрогруп ґрунтів, картограми солонцюватості та засолення ґрунтів, рівня ґрунтових вод тощо. Необхідні також дані урожайності сільськогосподарських культур, що вирощуються у відповідній сівозміні на галоморфних ґрунтах. Властивості ґрунту характеризуються в курсовій роботі на основі лабораторного аналізу зразків, що самостійно відбираються студентом у сільськогосподарському підприємстві перед III семестром навчання.

План виконання роботи

Вступ

1. Склад і загальна характеристика ґрунтового покриву сільськогосподарського підприємства (вказується його назва)

2. Фактори вторинної солонцюватості (вторинного засолення) ґрунтів у сільськогосподарському підприємстві

3. Властивості солонцюватих (засолених) ґрунтів

3.1. Генетична характеристика і будова ґрунту (вказується його назва)

3.2. Характеристика фізичних властивостей ґрунту

3.2.1. Особливості гранулометричного складу і загальні фізичні властивості

3.2.2. Характеристика структурності

3.2.3. Водно-фізичні властивості

3.3. Фізико-хімічні властивості ґрунту

3.4. Сольовий склад ґрунтів і їх родючість

4. Продуктивність агроценозу галоморфних ґрунтів і оцінка балансу гумусу в ґрунті

5. Рекомендації для покращення агромеліоративного стану ґрунтів

Висновки

Література

Додаток. Картограма солонцюватості (засолення) ґрунтів

Тема 5 – «Характеристика еродованих ґрунтів сільськогосподарського підприємства (вказується назва сільськогосподарського підприємства) і заходи, необхідні для підвищення їх родючості»

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує в основному особисті польові дослідження та лабораторні аналізи зразка з орного шару ґрунту, відібраного перед III семестром, а також наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень у конкретному (за місцем проживання) сільськогосподарському підприємстві – ґрунтові карти або картограми агрогруп ґрунтів, агрохімічні картограми, пояснювальні записки, еколого-агрохімічні паспорти земельних ділянок тощо. Необхідні також дані урожайності сільськогосподарських культур, що вирощуються у відповідній сівозміні на еродованих ґрунтах.

План виконання роботи

Вступ

1. Причини і наслідки ерозії ґрунтів

2. Загальна характеристика генези і поширення еродованих ґрунтів сільськогосподарського підприємства (вказується його назва)

3. Властивості еродованих ґрунтів

3.1. Генетична характеристика і будова ґрунту (вказується його назва)

3.2. Характеристика фізичних властивостей ґрунту

3.2.1. Особливості гранулометричного складу і загальні фізичні властивості

3.2.2. Характеристика структурності ґрунту

3.2.3. Водно-фізичні властивості

3.3. Фізико-хімічні властивості ґрунту

3.4. Гумусовий стан ґрунтів

4. Продуктивність агроценозу еродованих ґрунтів і оцінка балансу гумусу в ґрунті

5. Рекомендації для попередження ерозії ґрунтів і підвищення їх родючості

Висновки

Література

Тема 6 – «Агроекологічна характеристика ґрунтів сільськогосподарського підприємства (вказується назва сільськогосподарського підприємства) і рекомендації з їх використання»

Робота виконується в разі наявності у сільськогосподарському підприємстві деградованих ґрунтів і земель (виснажених, еродованих, солонцюватих, забруднених тощо).

Вихідні матеріали

При виконанні завдання студент використовує як особисті польові та лабораторні дослідження, так і наявні матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень у конкретному (за місцем проживання) сільськогосподарському підприємстві – ґрунтові карти або картограми агровиробничих груп ґрунтів, агрохімічні картограми, пояснювальні записки, звіти з еколого-агрохімічної паспортизації земельних ділянок, матеріали спеціальних видів ґрунтового обстеження (грунтово-меліоративне, грунтово-ерозійне, грунтово-екологічне), результати обстеження і картографування деградованих і забруднених ґрунтів і земель. Необхідні також дані урожайності сільськогосподарських культур, що вирощуються на ґрунтах різного ступеня деградації.

План виконання роботи

Вступ

1. Види, причини і наслідки деградації ґрунтів

2. Види деградації ґрунтів і земель на території сільськогосподарського підприємства

2.1. Причини прояву технологічної деградації ґрунтів

2.2. Причини розвитку ерозійних процесів

2.3. Причини забруднення ґрунтів (засолення, осолонцювання, заболочення)

3. Оцінка ступеня деградації ґрунтів і земель

3.1. Оцінка ступеня технологічної деградації ґрунтів і земель

3.1.1. Характер агровиснаження земель

3.1.2. Особливості погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів

3.1.3. Особливості погіршення фізико-хімічних і хімічних властивостей ґрунтів

3.2. Рівень забруднення ґрунтів і характер його прояву

3.3. Характер прояву і поширення ерозійних процесів

4. Особливості прояву деградації ґрунтів і земель на території сільськогосподарського підприємства

4.1. Картограма деградованих ґрунтів і земель різного ступеня деградації

4.2. Рекомендації з усунення причин деградації і відновлення деградованих ґрунтів і земель

Висновки

Література

Рекомендації для написання реферату за темою № 1

2. Узагальнена еколого-агрохімічна характеристика ґрунтів сільськогосподарського підприємства.

2.1. Картограма вмісту гумусу.

2.2. Картограма солонцюватості ґрунтів

Робота виконується на основі останніх даних еколого-агрохімічної паспортизації полів сільськогосподарського підприємства. На двох копіях плану внутрігосподарчого землеустрою в окремих контурах полів вказуються відповідні показники (з паспортів переписуються вміст гумусу і, окремо, вміст вбирного натрію, а також відсоток вбирного натрію від суми вбирних основ) і проводять фарбування за рекомендаціями, що приведені у таблицях. За отриманими даними і за аналізом інших показників дається узагальнююча характеристика ґрунтів підприємства (площі ґрунтів з відповідними властивостями, наявність забруднених ґрунтів, необхідність в тих чи інших заходах тощо).

3. *Характеристика ґрунтів за еколого-агрохімічним паспортом земельної ділянки*

На основі одного еколого-агрохімічного паспорта поля (земельної ділянки) дається характеристика ґрунту, що має найбільше поширення в господарстві.

Спочатку визначають і записують назви типу, підтипу, роду, виду і різновиду, які повинні бути узгоджені з показниками складу і властивостей ґрунтів за еколого-агрохімічним паспортом. Також коротко зазначають умови формування й особливості використання ґрунтів, пов'язуючи це з їх властивостями.

Агрофізичні, фізико-хімічні та агрохімічні властивості описують на основі даних агрохімічного паспорту земельної ділянки, для чого узагальнюють у відповідних таблицях (табл. 1-4) показники, що приведені в еколого-агрохімічному паспорті, а також проводять додаткові розрахунки. Обчислюють запаси гумусу в орному (0–25 см) шарі, пористість, відсоток увібраного натрію. Дають оцінку рівня забруднення ґрунтів і вказують можливі причини їх забруднення відповідними елементами і речовинами (табл.5).

Характеристика ґрунтів повинна бути не в формі констатації відповідних чисел і назв, а у вигляді порівняльного аналізу показників, із зазначенням їх ролі і впливу на продуктивність ґрунту, ріст і розвиток сільськогосподарських культур.

Таблиця 1. Гранулометричний склад і загальні фізичні властивості орного шару ... (назва ґрунту)

Вміст фракцій, %			Щільність, г/см^3	Пористість, % *
>0,01 мм	< 0,01 мм	< 0,001 мм		

* Розрахункова при щільності твердої фази 2,66 г/см^3

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості .../назва ґрунту/…(в орному шарі)

pH	Сума вбирних основ	Увібраний Na^+	Увібраний Na, % від суми	Тип засолення	Легкорозчинні солі, %
	мг-екв/100 г ґрунту				

Ґрунти, що ненасичені основами (сірі лісові, дерново-підзолисті, бурі лісові) характеризуються за показниками, які можуть бути приведені за формою табл. 3.

Таблиця 3. Фізико-хімічні властивості ../назва ґрунту/ (в орному шарі)

pH_{KCl}	Сума увібраних основ	Гідролітична кислотність	Ступінь насичення основами, %
	мг-екв/100 г ґрунту		

Таблиця 4. Агрохімічні показники…/назва ґрунту/…(в орному шарі)

Гумус, %	Азот (за нітрифікаційною здатністю ґрунту)	Азот, що легко гідролізуєтьс я	Рухомий фосфор	Обмінни й калій	Мікроелементи		
					Mn	Zn	Cu
	мг/ кг ґрунту						

Таблиця 5. Екологічна характеристика…(назва ґрунту)

Вміст рухомих форм важких металів, мг/кг						Щільність радіоактивного забруднення, кі/км^2				Залишки пестицидів, мг/кг					
Cd		Pb		Hg		^{137}Cs		^{90}Sr		ДДТ		Гексахло-ран		2,4Д-амінна сіль	
У ґрунті	ГДК	У ґрунті	ГДК	У ґрунті	ГДК	У ґрунті	Еталон	У ґрунті	Еталон	У ґрунті	ГДК	У ґрунті	ГДК	У ґрунті	ГДК

У рекомендаціях щодо раціонального використання ґрунтів дається характеристика агротехнічних і меліоративних заходів (розрахунки меліорантів), що необхідні для підвищення родючості ґрунтів.

Якісна оцінку ґрунтів поля проводять з визначенням нормативної урожайності зернових за методикою, приведеною в розділі

4. Оцінка балансу гумусу в ґрунтах сівозміни та рекомендації для покращення гумусового стану ґрунтів

На основі даних ґрунтових та агрохімічних обстежень дається коротка характеристика гумусового стану ґрунтів господарства. З урахуванням відомостей про структуру посівних площ і урожайність культур у сільськогосподарському підприємстві або за відповідною сівозміною і урожайністю культур обчислюється баланс гумусу в ґрунтах. Окреслюються шляхи досягнення бездефіцитного балансу гумусу

Баланс гумусу в ґрунтах сівозміни визначають за методикою, приведеною в розділі . У курсовій роботі приводиться таблиця балансу гумусу (табл. 73) і рекомендації для підвищення родючості ґрунтів. Дані щодо структури сівозміни, до якої відноситься поле, і урожайності культур беруть у сільськогосподарському підприємстві.

Рекомендації для написання реферату за темою № 2

2. Склад ґрунтового покриву сільськогосподарського підприємства

Аналізується ґрунтова карта (картограма агровиробничих груп ґрунтів) і приводиться номенклатурний список ґрунтів. Необхідно дати загальну характеристику ґрунтового покриву сільськогосподарського підприємства; указати основні зональні й азональні типи та підтипи ґрунтів, їх

гранулометричний склад, площі ґрунтів різного ступеня еродованості, солонцюватості, засоленості. Необхідно також указати географо-генетичні особливості поширення ґрунтів – їх приуроченість до певних елементів рельєфу, прояв ґрунтових процесів у залежності від тих чи інших факторів, вплив сільськогосподарського виробництва на властивостей ґрунтів тощо.

3. Еколого-агрохімічна характеристика полів сівозмін сільськогосподарського підприємства

Використовуються дані еколого-агрохімічної паспортизації полів сільськогосподарського підприємства. Для цього у відповідних таблицях (табл. 1-4) узагальнюються відповідні показники. На підставі отриманих даних характеризуються окремі поля і сівозміни в цілому, звертаючи увагу на неоднорідність ґрунтового покриву за відповідними характеристиками.

Таблиця 1. Характеристика гумусового стану ґрунтів сівозмін

Назва сівозміни і номер поля	Вміст гумусу, %	Запаси гумусу в 0-25 см шарі, т/га

Таблиця 2. Вміст елементів живлення в ґрунтах сівозмін

Назва сівозміни і номер поля	Вміст у ґрунті, мг/ кг								
	Легкогідролізованого азоту	Рухомого фосфору	Обмінного калію	B	Mo	Cu	Mn	Co	Zn

Таблиця 3. Властивості ґрунтів, що забезпечують умови живлення рослин

Назва сівозміни і номер поля	Щільність ґрунтів, г/см^3	pH	Вміст обмінного натрію, % від суми вбирних основ *	Ступінь солонцюватості ґрунтів	Ступінь засолення ґрунтів

* для кислих ґрунтів указується гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту

Таблиця 4. Вміст елементів і речовин, що забруднюють ґрунти *

Назва сівозміни і номер поля	Вміст рухомих форм важких металів, мг/кг			Щільність радіоактивного забруднення, ки/км		Залишки пестицидів, мг/кг		
	Cd	Pb	Hg	^{137}Cs	^{90}Sr	ДДТ	Гексахлоран	2,4Д-амінна сіль

* Виписуються дані, що перевищують гранично допустимі концентрації. У разі відсутності забруднення ґрунтів таблиця не приводиться, але факт відсутності токсичних речовин і забруднювачів зазначається у тексті.

4. Агроекологічне бонітування ґрунтів

Агроекологічне бонітування ґрунтів окремих полів проводиться за методикою, наведеною у розділі. Результати наводяться за формою табл. 5.

Таблиця 5. Агроекологічний бонітет ґрунтів

Назва сівозміни	Номер поля	Назва ґрунту	Бал бонітету	Клас земель

5. Оцінка ґрунтів для сільськогосподарського виробництва

На підставі агроекологічного бонітування складають картограму оцінки ґрунтів сівозмін для сільськогосподарського виробництва. Основою картограми є план внутрігосподарського землевпорядкування (план сівозмін, що додається до пакету еколого-агрохімічних паспортів). На картограмі відповідним кольором і числами вказується клас земель і бал бонітету ґрунтів кожного поля. Приводиться узагальнююча порівняльна агрономічна характеристика земель (табл. 69).

Рекомендації для написання рефератів за темами №№ 3, 4, 5

Курсові роботи №№ 4, 5, 6 виконуються переважно на основі самостійних польових досліджень і лабораторного аналізу ґрунтів. Для цього за відповідними методиками проводять польове дослідження певного ґрунту (за описом морфологічних ознак у ґрунтовому розрізі проводять польову діагностику ґрунту) і у ґрунтовому розрізі відбираються зразки ґрунтів (з орного – 0-20 см – і підорного – 20-40 см – горизонту). Виконуються відповідні лабораторні дослідження для порівняльного аналізу властивостей ґрунтів. Необхідно визначити особливості взаємозв’язку між вмістом гумусу і його фізичними, фізико-хімічними та агрохімічними властивостями (курсова робота № 4), особливості складу і властивостей галоморфних ґрунтів, впливу солонцюватості і засолення на агрохімічні та агрофізичні властивості ґрунту (курсова робота № 5), особливості впливу еродованості ґрунтів на їх фізичні, фізико-хімічні, агрофізичні властивості (курсова робота № 6). Форма подання та інтерпретації отриманих даних є такими же, як і в попередніх роботах. Для визначення продуктивності агроценозу і оцінки балансу гумусу в ґрунті необхідно за відповідними методиками отримати дані щодо кількості рослинних поверхневих і кореневих решток рослин (визначають масу рослинних решток за 3-5 культурами в сівозміні). Для узагальнення отриманої інформації і для характеристики особливостей ґрунтоутворення у межах сільськогосподарського підприємства використовують також матеріали ґрунтових і агрохімічних обстежень, дані урожайності культур у сівозміні, відповідну літературу.

Рекомендації для написання реферату за темою № 6

Курсова робота виконується на основі даних еколого-агрохімічної паспортизації полів і спеціальних (при наявності) видів ґрунтового обстеження (грунтово-меліоративного, грунтово-ерозійного, грунтово-екологічного), результатів обстеження і картографування деградованих і забруднених ґрунтів і земель. У курсову роботу повинні бути „вмонтовані" і особисті польові і лабораторні дослідження – дані аналізів вмісту гумусу, водної витяжки, агрофізичних властивостей ґрунтів тощо.

У першому розділі необхідно узагальнити відомості про види, причини і наслідки деградацій ґрунтів і земель, що відбуваються в Україні й відповідному регіоні.

У другому розділі необхідно конкретизувати типи деградації і види забруднення, що проявляються у сільськогосподарському підприємстві, а також проаналізувати причини виникнення тих чи інших деградаційних процесів.

У третьому і четвертому розділі необхідно дати характеристику деградованим ґрунтам і землям. Потрібно привести аналітичні дані польових і лабораторних досліджень деградованих ґрунтів, узагальнити дані еколого-агрохімічної паспортизації полів. Форма подання аналітичного матеріалу для характеристики окремих ґрунтів може бути подібною до табл. 1-2, але для аналізу особливостей прояву деградаційних процесів у сільськогосподарському підприємстві доцільно провести порівняльну оцінку ґрунтів (агровиробничих груп). Для цього або за видами угідь, або типами деградацій узагальнюють наявні аналітичні дані (див. приклад).

Таблиця 1. Оцінка ступеня деградації зрошуваних ґрунтів (приклад)

Назва агрогрупи ґрунтів	Властивості ґрунтів							Тип деградації, вид забруднення	Ступінь деградації
	Ступінь солонцюватості	Ступінь засолення	Підлужнення ґрунту	Гумусний стан		Агрофізичний стан			
				Вміст гумусу, %	Зменшення, % від початкового вмісту	.....	.....		

Результатом курсової роботи з аналізу розвитку деградаційних процесів і їх поширення у сільськогосподарському підприємстві є картограма з нанесенням контурів деградованих ґрунтів і земель різного ступеня деградації з експлікацією земель, в якій зазначають ступені деградації, площі й структуру деградованих земель за такою формою.

Таблиця 2. Експлікація наявності деградованих ґрунтів і земель

Площа досліджених земель, га	Тип деградації, вид забруднення	Ступінь або рівень деградації або забруднення	Площа деградованих земель і ґрунтів, га					
			Всього	Рілля	Багато-річні насад-ження	Сіно-жаті	Пасо-вища	Інші угіддя

Останнім розділом є висновки про наявний стан земель, рекомендації з їхнього дальшого використання (обґрунтовано рекомендується спеціальний режим використання, зміна цільового призначення, відновлення або консервація земель) і необхідних заходів для усунення негативного впливу деградованих земель на екологічну ситуацію.

Література

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / За ред. В.П. Патика, О.Г. Тараріко. Київ: Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.
2. Ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості. ДСТУ 3866-99. Київ: Держстандарт України, 1999. 6 с.
3. Державні санітарні правила та норми (ДСанПіН) 8.8.1.2.3.4-000-2001. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті.
4. Копитко П.Г. Удобрення плодових і ягідних культур: Навч. посіб. Київ: Вища школа, 2001. 206 с.
5. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / За ред. Яцука І. П., Балюка С. А. 2-ге вид., допов. Київ, 2019. 108 с.
6. Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин. Постанова КМ України № 1325 від 15 грудня 2021 р.
7. Методика еколого-агромеліоративного обстеження зрошуваних земель. Посібник 2 до ВНД 33-5.5-11-02 «Інструкція з проведення грунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України». 15 с.
8. Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення. Наказ Міністерство аграрної політики України № 51 від 26.02.2004.
9. Полупан М. І., Величко В. А. Українське агрономічне ґрунтознавство: підручник : у 2 ч. / за ред. М. І. Полупана. Частина 1: Історичні етапи розвитку. Фактори ґрунтотворення. Закономірності формування ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2019. 418 с.
10. Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів. Постанова Камінету Міністрів України № 848 від 23.07.2024 р.
11. Посібник з методики оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану меліорованих земель. Частина 1 – Методика оцінки і прогнозу еколого-меліоративного стану і стійкості земель при зрошенні (до ВБН 33-5.5-01-97). Київ: Держводгосп України, 1999. 13 с.
12. Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунтів. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.07.2020 № 1595.
13. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. За редакцією доктора с.-г. наук А. І. Фатєєва і кандидата с.-г. наук Я. В. Пащенко. Харків, 2003. 71 с.
14. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. Київ: Держаспоживстандарт України. 2005. 33 с.

Додаток

Показники та періодичність проведення моніторингу земель і ґрунтів в Україні [10].

Найменування суб'єкта моніторингу	Об'єкт	Періодичність	Найменування показника	Одиниці вимірювання/ відображення результату
Мінагрополітики	ґрунти на землях сільськогосподарського призначення	орні землі - один раз на п'ять років сіножаті, пасовища, багаторічні насадження - один раз на п'ять - десять років суцільне ґрунтове обстеження - один раз на 20 років	pH водний	одиниць pH
			pH сольовий	одиниць pH
			гідролітична кислотність	мг-екв/100 г
			сума увібраних основ	мг-екв/100 г
			тип засолення	
			ступінь засолення	
			вміст:	
			гумус	відсотків
			азот, що легко гідролізується	мг/кг
			азот за нітрифікаційною здатністю	мг/кг
			вміст рухомих сполук:	
			фосфор	мг/кг
			калій	мг/кг
			сірка	мг/кг
			бор	мг/кг
			молібден	мг/кг
			марганець	мг/кг
			кобальт	мг/кг
			мідь	мг/кг
			цинк	мг/кг
			вміст рухомих сполук важких металів:	
			кадмій	мг/кг
			свинець	мг/кг
			загальний вміст ртуті	мг/кг
			вміст залишкової кількості пестицидів:	
			дихлордифенилтрихлоретан і його метаболіти	мг/кг
			гексахлоран (сума ізомерів)	мг/кг
			щільність забруднення радіонуклідами:	
			цезій-137	Кі/км^2
			стронцій-90	Кі/км^2
Міндовкілля	землі природно-заповідного фонду	не менше ніж один раз на рік не менше ніж два рази на рік	площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного та місцевого значення, зокрема:	
			площа земельних лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю	тис. га
			площа земельних лісових ділянок, не	тис. га

			вкритих лісовою рослинністю	
			площа водних об’єктів	тис. га
Держеко-інспекція	земельні ділянки, ґрунти яких забруднені, та засмічені внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії і бойових дій під час воєнного стану		площа земельної ділянки, ґрунти якої зазнали забруднення	кв. метрів
			площа засміченої земельної ділянки	кв. метрів
ДСНС	ґрунти різного призначення (вміст залишкової кількості пестицидів і важких металів)	не менше ніж один раз на рік	вміст залишкової кількості хлорорганічних пестицидів: дихлордифеніл трихлорметилметан	мг/кг
			дихлордифеніл дихлоретилен альфа-ізомер	мг/кг
			гексахлорциклогексану	мг/кг
			бета-ізомер гексахлорциклогексану	мг/кг
			вміст нітратів	мг/кг
		один раз на чотири - п’ять років	вміст важких металів:	
			кадмій	мг/кг
			манган	мг/кг
			мідь	мг/кг
			нікель	мг/кг
			свинець	мг/кг
			цинк	мг/кг
			механічний склад	
			кислотність	одиниць pH
ДАЗВ	ґрунти (у зоні відчуження і відселеній частині зони безумовного (обов’язкового) відселення)	не менше ніж один раз на рік	щільність забруднення радіонуклідами:	
			цезій-137	Кі/км^2
			стронцій-90	Кі/км^2
			плутоній-238	Кі/км^2
			плутоній-239 + 240	Кі/км^2
			америцій-241	Кі/км^2
Держліс-агентство	ґрунти земель лісогосподарського призначення	не менше ніж один раз на рік	площа лісів та інших лісовкритих земель, зокрема:	
			площа земельних лісових ділянок, вкритих лісовою рослинністю	тис. га
			площа земельних лісових ділянок, не вкритих лісовою рослинністю	тис. га
			самозалісені землі	тис. га
			щільність забруднення радіонуклідами:	
			цезій-137	Кі/км^2
			стронцій-90	Кі/км^2
			опис ґрунту:	
			тип ґрунту (назва групи ґрунтів), назва ґрунту, тип підстилки, механічний склад мінерального ґрунтового горизонту, тип ерозії, поширення ерозії	назва, шифр, тип, тис. га
			розподіл площі насаджень за панівними породами	тис. га
Держриб-	меліоративний	не менше	площа зрошуваних та осушуваних	га

агентство	стан зрошуваних та осушуваних земель, а також ґрунтів у зонах впливу меліоративних систем	ніж один раз на рік	земель	
			площа зрошуваних та осушуваних і прилеглих до них земель за глибиною залягання рівнів ґрунтових вод	га
			площа зрошуваних земель за ступенем засолення	га
			площа осушуваних земель за ступенем кислотності ґрунтів	га
Держгео-кадастр	землі і ґрунти	не менше ніж два рази на рік	площа сільськогосподарських угідь, вкритих деревинною та чагарниковою рослинністю	тис. га
		не менше ніж два рази на рік	площа сільськогосподарських угідь, які систематично обробляються і використовуються під посіви сільськогосподарських культур	тис. га
		не менше ніж два рази на рік	площа земель населених пунктів, територій, зайнятих нафтогазовидобувними об’єктами, очисними спорудами, гноєсховищами, складами пально-мастильних матеріалів, добрив, стоянками автотранспорту, гірничими об’єктами, місцями захоронення відходів промисловості і радіоактивних відходів, а також іншими промисловими об’єктами	тис. га
		не менше ніж два рази на рік	площа деградованих і малопродуктивних земель, а також техногенно забруднених земельних ділянок	тис. га
	берегові лінії річок, морів, озер, водосховищ, лиманів, заток, гідротехнічних споруд	не менше ніж два рази на рік	довжина, конфігурація	км
ДКА	територія України за даними дистанційного зондування Землі низької просторової розрізненості	щоденно за сприятливих погодних умов	місцезнаходження теплових аномалій	координати аномалії
	територія України за даними дистанційного зондування Землі низької та середньої просторової розрізненості	щоденно за сприятливих погодних умов відповідно до сезонних потреб користувачів	паводко-небезпечні території, місцевість, що постраждала від повені; льодовий та сніговий покрив; пожежонебезпечні території; оцінка вегетації; оцінка посухи; оцінка вологовмісту земель; температура земної поверхні; забруднені ділянки Азовського та Чорного морів поверхнево-активними речовинами; температура водної поверхні; постраждалі від вимерзання озимі с/г	тематична карта

			культури; ділянки водної поверхні з підвищеною концентрацією хлорофілу-А	
	територія України за даними дистанційного зондування Землі	на запит органів державної влади або сил безпеки	затоплена місцевість	тематична карта
			ймовірне нецільове використання та забруднення земель; видобуток корисних копалин; зміна лісового покриву	тематична карта
			підтвердження фактів військової агресії проти України	тематична карта
	територія України за даними радіолокаційної космічної зйомки	на запит органів державної влади або сил безпеки	вертикальні деформації земної поверхні	тематична карта
	земна куля за даними сейсмічного контролю	цілодобово	місцезнаходження та магнітуда землетрусу	інформаційне повідомлення про подію
	земна куля за даними спеціального контролю	цілодобово	місцезнаходження техногенного вибуху	інформаційне повідомлення про подію
	територія України за даними радіаційного контролю	щоденно	радіаційний фон	інформаційне повідомлення про перевищення середньо-статистичних показників
	навколоземний простір	цілодобово	небезпечні зближення космічних об’єктів, загроза падіння уламків на територію України	інформаційне повідомлення про загрозу

Навчальне видання

МИХАЙЛЮК Віктор Іванович

ПРАКТИКУМ З МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ

Навчальний посібник

Електронне видання
Формат PDF. А4. 127 с. (умовн. друк. арк. 14,56)
В авторській редакції

У посібнику розглянуто показники моніторингу ґрунтів і земель, підходи до інтерпретації даних спостережень за станом ґрунтів, зокрема оцінювання фізичних і хімічних властивостей, рівня забруднення та показників родючості. Посібник містить теми самостійної роботи, спрямовані на формування навичок аналізу моніторингових даних, оцінювання екологічного стану земель і розроблення рекомендацій щодо їх раціонального використання та охорони.

Посібник призначений для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G18 «Геодезія та землеустрій» і студентів природничих факультетів закладів вищої освіти III–IV рівнів акредитації.

Іл. 2 Табл. 71 Бібліогр. 14 назв

УДК 332.3:502.3/.7(075.8)

© Михайлюк В. І.
© Одеський державний аграрний університет