

Міністерство освіти і науки, України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства  
ім. С. Т. Вознюка

**05-01-282М**

### **Методичні вказівки**

для виконання практичних та самостійних робіт  
з освітньої компоненти «*Моніторинг ґрунтів*»  
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня  
за освітньо-науковою програмою «Агрохімія і  
ґрунтознавство» та освітньо-професійною програмою  
«Агрохімія і ґрунтознавство» спеціальності 201  
«Агрономія» денної та заочної форм навчання з  
елементами дуальної освіти

Рекомендовано науково-  
методичною радою  
з якості ННІАЗ  
Протокол № 3 від 3.10 2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки для виконання практичних та самостійних робіт з освітньої компоненти «Моніторинг ґрунтів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-науковою програмою «Агрохімія і ґрунтознавство» та освітньо-професійною програмою «Агрохімія і ґрунтознавство» спеціальності 201 «Агрономія» денної та заочної форм навчання з елементами дуальної освіти. [Електронне видання] / Фурман В. М., Мороз О. С. – Рівне : НУВГП, 2023. – 91 с.

Укладачі: Фурман В. М., к.с.-г.н., доцент, Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент.

Відповідальний за випуск: к.с.-г.н., доцент, Колесник Т. М., завідувач кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С. Т. Вознюка.

Керівники групи забезпечення

к.с.-г.н., доцент

к.с.-г.н., доцент

Фурманець О. А.

Олійник О. О.

При укладанні методичних вказівок, було використано дані к.с.-г.н., доцента Трушевої С. С.

© В. М. Фурман,  
О. С. Мороз, 2023  
© НУВГП, 2023

## *Вступ*

Ґрунт – це найбільш малорухоме природне середовище порівняно, наприклад, з атмосферою або поверхневими водами. Міграція забруднювальних речовин в ґрунті відбувається відносно повільно. Як наслідок, високі рівні забруднення ґрунтів деякими речовинами локалізуються в місцях їх викиду у зовнішнє середовище. Окрім того, можлива поступова зміна хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів.

В Україні розроблена концепція ґрунтового моніторингу, згідно з якою мета моніторингу - отримання інформації для вироблення управлінських рішень щодо стабілізації і поліпшення якості ґрунтів, екологізації землеробства та досягнення кінцевого результату - розширеного відтворення ґрунтової родючості.

Зараз в Україні служба ґрунтового моніторингу формується в межах державної системи моніторингу довкілля. До її завдань входить періодичний контроль динаміки основних ґрунтоутворювальних процесів фізичних, хімічних, біологічних та інших у природних умовах при накладанні антропогенного навантаження.

Метою викладання освітньої компоненти „Моніторинг ґрунтів” є ознайомлення здобувачів вищої освіти з принципами, завданнями, методами, періодичністю ґрунтового моніторингу, критеріями та показниками, що контролюються.

Основні завдання освітньої компоненти "Моніторинг ґрунтів":

- ✚ ознайомлення з правовою основою моніторингу земель та ґрунтів в Україні;
- ✚ засвоєння методичних підходів до формування мережі стаціонарних пунктів спостережень за станом ґрунтів;
- ✚ оволодіння навичками інтерпретації результатів ґрунтового моніторингу для розробки управлінських рішень.

У результаті вивчення освітньої компоненти здобувач повинен знати:

- ✚ види, рівні та об'єкти ґрунтового моніторингу;

- ✚ процеси, показники та методи проведення ґрунтового моніторингу;
- ✚ структуру служби ґрунтового моніторингу в Україні;
- ✚ методичні підходи до проведення агрохімічного обстеження ґрунтів та агрохімічної паспортизації земельної ділянки (поля);
- ✚ методи оцінки, прогнозування та управління агрохімічним станом ґрунтів.

У результаті вивчення освітньої компоненти здобувач повинен вміти:

- ✚ оцінювати фактичний агроекологічний стан ґрунтів за сукупністю агрохімічних, біологічних, токсикологічних показників;
- ✚ прогнозувати розвиток деградаційних ґрунтових процесів на перспективу;
- ✚ виявляти реальні і потенційні джерела забруднення ґрунтів агрохімічними токсикантами;
- ✚ скласти екологічні паспорти на угіддя всіх типів землекористування;
- ✚ розробляти заходи щодо попередження розвитку деградаційних процесів та покращення стану ґрунтів;
- ✚ розробляти рекомендації щодо раціонального використання агрохімікатів для забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції.

**Ключові слова:** *моніторинг, ґрунти, дефляція, деградація ґрунтів, деградація, гумус, баланс гумусу.*

**Загальна інформація про освітню компоненту та систем оцінювання досягнень здобувачів освіти рівня магістр**

<b>Ступінь вищої освіти</b>	<b>магістр</b>
<b>Освітня програма</b>	Агрономія
<b>Спеціальність</b>	201 Агрономія
<b>Рік навчання, семестр</b>	2-й рік навчання, 3- семестр
<b>Кількість кредитів</b>	5 кредитів ЄКТС
<b>Лекції:</b>	26 год.,,д.ф.н. 26 год. ДУ.з.ф.н. 4 год.
<b>Практичні/семінари:</b>	24 год.,,д.ф.н. 24 год. ДУ. З.ф. 8
<b>Самостійна робота:</b>	100 д.ф.н., 100 год. ДУ.з.ф. 138 год.
<b>Курсова робота</b>	ні
<b>Форма навчання</b>	Денна, дуальна, заочна
<b>Форма підсумкового контролю</b>	залік
<b>Мова викладання</b>	українська
<b>Розподіл балів за виконання робіт здобувачем освіти рівня магістр</b>	
Семестр 3:	
<b>Лекції – 26/26/4 год</b>	
<b>Практичні роботи – 24/24/8 год</b>	Кількість балів
<b>Самостійна робота - 100 год/ 100/138 год</b>	
<b>Оцінка деградації ґрунтів</b>	2
<b>Відбір проб ґрунтових зразків</b>	3
<b>Характеристика ґрунтів та їх забруднень</b>	5
<b>Прогнозування гумусового стану ґрунтів на основі балансових розрахунків</b>	5
<b>Організація спостережень на спостережних майданчиках</b>	5
<b>Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами</b>	5

<i>Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами</i>	5
<i>Картографування забруднення ґрунтів важкими металами</i>	5
<i>Показники (індикатори) якості ґрунту</i>	5
<i>Моніторинг якості ґрунту. Визначення індексу якості ґрунтів</i>	5
<i>Моніторинг якості ґрунту. Визначення індексу якості ґрунтів.</i>	5
<i>Критерії і показники оцінки ерозійних процесів Водна ерозія</i>	5
<i>Критерії і показники оцінки ерозійних процесів. Вітрова ерозія</i>	5
Загальна сума	60
Модульний контроль 1	20
Модульний контроль 2	20
Екзамен (підсумковий контроль)	40
Сума балів за всі види робіт у 12-му семестрі:	100

## ***Практична робота № 1: Оцінка деградації ґрунтів***

**Мета:** ознайомитись з поширеними видами антропогенної деградації ґрунтів, засвоїти критерії оцінки деградації та розробити заходи боротьби з ними.

**Обладнання і матеріали:** агрохімічні картографи вмісту гумусу, об'ємної маси, поживних речовин, методичні вказівки

### ***Теоретичні відомості***

**Під деградацією ґрунтів** слід розуміти погіршення властивостей родючості і якості ґрунту внаслідок впливу природних або антропогенних факторів. У більш широкому розумінні поняття деградація ґрунтів включає себе як погіршення основних якісних показників родючості без помітних ознак руйнування або зникнення генетичних ознак ґрунтів, так і фізичне руйнування ґрунтових горизонтів аж до втрати ґрунтом не лише своїх функцій як середовища існування, а й повного фізичного зникнення як біокосного природно-історичного тіла.

Останніми роками у зв'язку з катастрофічним скороченням обсягів виробництва й застосування органічних і мінеральних добрив, а також значним обробітком ґрунту глобальних масштабів набула агрохімічна і агрофізична деградації земель, внаслідок яких сильно прогресують такі негативні явища як дегуміфікація, втрата структури ґрунтів та їх переущільнення, що в кінцевому результаті призводить до виснаження ґрунтів на основні поживні речовини.

Найбільш поширеними деградаційними процесами ґрунтового покриву України є ерозія, декальцинація (підкислення), осолонцювання, дегуміфікація, агровиснаження, забруднення радіонуклідами, важкими металами, залишками пестицидів, агрофізична деградація та інші, що призводять до погіршення не тільки екологічного стану ґрунтів, зниження їх родючості, продуктивності сільськогосподарських культур та якості продукції, але й агрофери в цілому.

Стосовно виявлення деградаційних процесів ґрунтового покриття України проводяться наукові дослідження у багатьох Інститутах НААНУ. У своїх працях акад. В.В. Медведєв із співробітниками (ННЦ «Інститут агрохімії і ґрунтознавства ім. О.Н. Соколовського») виділяють такі типи деградації ґрунтів:

- ✚ Фізичну – ерозія, агрофізична деградація (переушільнення, втрата структури), зміна режиму вологості (аридизація – посухостійкість чи гідроморфізм – підтоплення ґрунтів);
- ✚ Хімічну – дегуміфікація та забруднення ґрунтів;
- ✚ Фізико-хімічну – процеси погіршення властивостей ґрунтів внаслідок проходження різноманітних обмінних реакцій (декальцинація, підкислення, підлуження, осолонцювання);
- ✚ Біологічну – комплекс процесів, які призводять до істотної зміни мікробіологічного пулу чи перевтоми ґрунту.

Масштаби основних деградаційних процесів ґрунтового покриття України представлені в таблиці 1.1.

**Таблиця 1.1**

***Поширення деградації ґрунтів в Україні  
(за В.В. Медведєвим, Т.Н. Лактіоною, Н.М. Бреус)***

Тип деградації	Ступінь деградації, % від загальної площі			
	легкий	середній	сильний	всього
Втрата гумусу і поживних речовин	12	30	1	43
Переушільнення	10	28	1	39
Замулення і кіркоутворення	12	25	1	38
Площинна водна ерозія	3	13	1	17
Водна ерозія, утворення ярів	0	1	2	3
Побічна дія водної ерозії (замулення водоймищ та ін.)	1	1	1	3
Підкислення	5	9	0	14
Продовження таблиці 1.1				



Заболочування	6	6	2	14
Забруднення радіонуклідами	5	6	0,1	11,1
Вітрова ерозія, втрати верхнього шару ґрунту	1	9	1	11
Забруднення пестицидами та іншими органічними речовинами	2	7	0,3	9,3
Забруднення важкими металами	0,5	7	0,5	8
Засолення, підлугування	1	3	0,1	4,1
Зниження рівня земної поверхні	0,05	0,15	0,15	0,35
Деформація земної поверхні вітром	0,04	0,23	0,08	0,35
Аридизація ґрунту	0,04	0,18	0	0,21

Оцінку ступеня деградації ґрунтів проводять трьома шляхами, а саме:

- ✚ порівнюючи деградований ґрунт з еталоном. Еталон – це значення певного показника або параметр, характерний для цілих ґрунтів, сформованих у типових для цієї місцевості умовах;
- ✚ порівнюючи параметри ґрунтів, що досліджуються, з аналогічними фоновими параметрами. Фон – це середнє значення певного показника, характерне для недеградованих ґрунтів вибраної території.
- ✚ за абсолютними показниками якості ґрунту (незважаючи на природні властивості ґрунтів), використовуючи розроблені та стандартизовані нормативи якості ґрунтів.

Таблиця 1.2

**Характеристика найпоширеніших видів антропогенної деградації ґрунтів  
(О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький, 2005)**

Причина деградації	Показники порушення властивостей ґрунтів	Морфологічні ознаки погіршення ґрунтів
<b><i>Водна ерозія</i></b>		
Нераціональна господарська діяльність( розорювання земель, вирубка лісів, інтенсивний випас худоби, промислове будівництво тощо). Застосування на схилових землях рівнинної агротехніки (полицевої оранки, обробітку і посіву вздовж схилів, вирощування просапних культур)	Змив верхнього шару ґрунту; втрати дрібнозему; зменшення ґрунтової товщі; втрати гумусу і поживних речовин; несприятливі зміни структурного, мікроагрегатного та гранулометричного складу; зниження потенційної родючості	Поява на поверхні ґрунту вимоїн, розмивів, ярів; зменшення або повна втрата верхнього гумусового горизонту; вкорочення профілю; наближення до поверхні внутріґрунтових горизонтів; освітлення;побуріння верхнього генетичного горизонту
<b><i>Дефляція</i></b>		
Розорювання земель, невідповідність способів обробітку і технологій вирощування культур; тривалий час відсутність рослинності; переосушення земель; втрата ґрунтами протиерозійної здатності (дегуміфікація, розпилення )	Знесення вітром дрібнозему; зменшення ґрунтової товщі; зміни мікроагрегатного, гранулометричного складу ґрунтів; втрати гумусу і поживних речовин; падіння родючості; утворення наносів дрібнозему.	Вкорочений ґрунтовий профіль; зменшення або повна втрата верхнього гумусового і перехідних горизонтів; наявність наносів дрібнозему

<i>Дегуміфікація</i>		
Недостатнє внесення органічних добрив; інтенсивний обробіток ґрунту; необґрунтоване поглиблення орного шару; відчуження з поля нетоварної частини врожаю: внесення високих доз фізіологічно кислих мінеральних добрив; підсилення процесів ерозії;	Зменшення вмісту гумусу в ґрунті; зниження протиерозійної стійкості; падіння потенційної та ефективної родючості	Освітлення верхнього гумусово-аккумулятивного горизонту; розпилення структурних окремонностей; ущільнення ґрунту
<i>Декальцинація (кислотна деградація)</i>		
Випадіння кислотних дощів; довгострокове внесення фізіологічно кислих мінеральних добрив; низький рівень застосування органічних добрив та хімічних меліорантів	Зміни у складі ґрунтового вбирного комплексу; підвищений вміст обмінних катіонів $H^+$ та $Al^{3+}$ ; втрати гумусу; зниження рівня рН	Освітлення верхнього горизонту ґрунту; поява борошністої крем'янки на структурних окремонностях; зниження лінії скипання від 10% $HCl$
<i>Вторинне осолонцювання</i>		
Тривале зрошення слабо мінералізованими лужними водами, які містять соду або мають несприятливе співвідношення між натрієм і сумою кальцію та магнію у сольовому складі	Содонакопичення (карбонати та бікарбонати натрію і магнію); зміни в складі увібраних катіонів; накопичення обмінного натрію; втрати гумусу; підвищення рН.	Освітлення верхнього горизонту; поява брилистості; злиття горизонтів; підвищення щільності та твердості ґрунту; здатності до набрякання і прилипання.
Продовження таблиці 1.2		

<b><i>Вторинне засолення</i></b>		
Підняття рівня мінералізованих ґрунтових вод вище критичного; полив мінералізованими водами	Солеагромадження (сульфати, хлориди натрію, магнію, кальцію)	Вицвіті солей на поверхні ґрунту або поверхні структурних окремностей; утворення ґрунтової кірки та брилистої структури
<b><i>Агрофізична деградація</i></b>		
Застосування глибокої полицевої оранки без урахування генетичних особливостей ґрунтів; використання важкої техніки; колісних тракторів; недостатня кількість органічних добрив	Втрата агрономічно цінної структури; розпилення ґрунту; утворення плужної підшви; зниження водопроникності; ущільнення ґрунту; погіршення водно-повітряного режиму;	Поява брилистості; наявність плужної підшви; підвищена щільність орного шару ґрунту; застоювання води на поверхні ґрунту після опадів; утворення кірки
<b><i>Заболочування</i></b>		
Підтоплення земель; підняття рівня прісних підґрунтових вод вище критичних значень	Збільшення волого-насиченості ґрунтів; оглеєння генетичних горизонтів: оторфування рослинних решток; розвиток відновних процесів	Високий рівень підґрунтових вод; застоювання води на поверхні ґрунту; злиття; поява ознак оглеєння генетичних горизонтів;
<b><i>Забруднення важкими металами</i></b>		
Забруднення навколишнього середовища промисловими викидами і відходами	Нагромадження в ґрунтах важких металів; втрата гумусу; погіршення стану ґрунтів.	Руйнування ґрунтових агрегатів; розпилення ґрунтів

### *Діагностичні критерії деградації ґрунтів*

Для вибору найбільш ефективних заходів поліпшення чи підтримання властивостей ґрунтів у сприятливому інтервалі значень необхідно визначити ступінь їх деградації. З цією метою використовують діагностичні критерії ступеня деградації (табл. 1.3).

**Таблиця 1.3**

**Діагностичні критерії ступеня деградації ґрунтів  
(О.Ф. Гнатенко, М.В. Капитик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвіцький, 2005)**

Показники	Ступінь деградації ґрунтів, недобір врожаю, %			
	Слабка, до 10	Середня, 10–50	Сильна, 50–90	Повна, 90–100
<b><i>Водна ерозія і дефляція</i></b>				
Відсутні генетичні горизонти	змито або дефльовано ½ Н чи НЕ	змито або дефльовано понад ½ або весь Н чи НЕ	Н, НР чи НЕ, Е частково Рн чи І	змито або дефльовано Н, НР, Рн чи НЕ, Е, І
<b><i>Дегуміфікація</i></b>				
Зменшення вмісту гумусу, % від вихід.	До 20	20–40	40–60	> 60
<b><i>Вторинне підкислення</i></b>				
pH <sub>KCl</sub>	5,5–5,0	5,0–4,5	4,5–4,0	< 4,0
Нг, мг-екв/100г ґрунту	3–4	4–5	5–6	>6,0
Сума увібраних катіонів, мг-екв/100г	20–15	15–10	10–5	< 5

*Продовження таблиці 1.3*

<i>Агрофізична деградація</i>				
Структурно-агрегатний склад, %, агрегатів 0,25-10 мм	75–60	60–50	50–30	< 30
Рівноважна щільність, г/см <sup>3</sup> піщані та супіщані суглинкові та глинисті	1,4	1,4–1,6	1,6–1,8	>1,8
Водопроникність за першу годину, мм	100–50	50–30	30–10	< 10

### ***Основні напрями боротьби із деградаційними процесами***

**✚ Профілактичний** – заходи щодо попередження розвитку деградаційних процесів на недеградованих і слабкодеградованих ґрунтах (протиерозійне облаштування території, конструювання екологічно-сталих агроландшафтів, нормування навантаження на ґрунти);

**✚ Оперативний** – заходи щодо попередження розвитку деградації ґрунтів, що здійснюються постійно в процесі їх використання (дотримання розроблених норм та правил щодо технологій обробітку ґрунту, якості та кількості зрошуваних вод, якості і технологій внесення добрив, меліорантів та інших агрохімікатів, упровадження протиерозійних заходів, ґрунтозахисних сівозмін, тощо).

**✚ Регенеративний** – заходи відтворення деградованих і порушених земель (виведення малопродуктивних земель із ріллі, консервація та рекультивація земель, детоксикація забруднених

ґрунтів, розсолення вторинно-засолених ґрунтів).

**Завдання 1.** Ознайомитися з основними показниками деградації ґрунтів та напрямками боротьби з ними. На основі отриманих даних, користуючись додатковою літературою і знаннями, отриманими у процесі вивчення даної дисципліни, заповнити таблицю:

**Таблиця 1.4**

**Заходи боротьби з деградацією ґрунтів**

<b>Показник деградації ґрунтів</b>	<b>Заходи боротьби</b>		
	профілактичні	оперативні	регенеративні
Водна ерозія			
Дегуміфікація			
Вторинне підкислення			
Агрофізична деградація			
Забруднення важкими металами			

**Завдання для самостійної роботи:**

- 1. Яким чином проводять оцінку ступеня деградації ґрунтів?**
- 2. Що розуміють під деградацією ґрунтів?**
- 3. Які найбільш поширені деградаційні процеси ґрунтового покриву України?**
- 4. Що називають еталоном ґрунту?**
- 5. Оцінити стан деградації ґрунтів певної території (згідно варіанту)<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

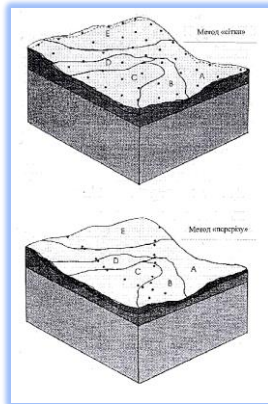
## **Практична робота № 2 Вибір проб ґрунтових зразків**

**Мета роботи:** оволодіти методиками відбору ґрунтових зразків при проведенні моніторингу ґрунтів. Ознайомитись з прикладною базою для проведення аналізів.

### **Теоретичні відомості**

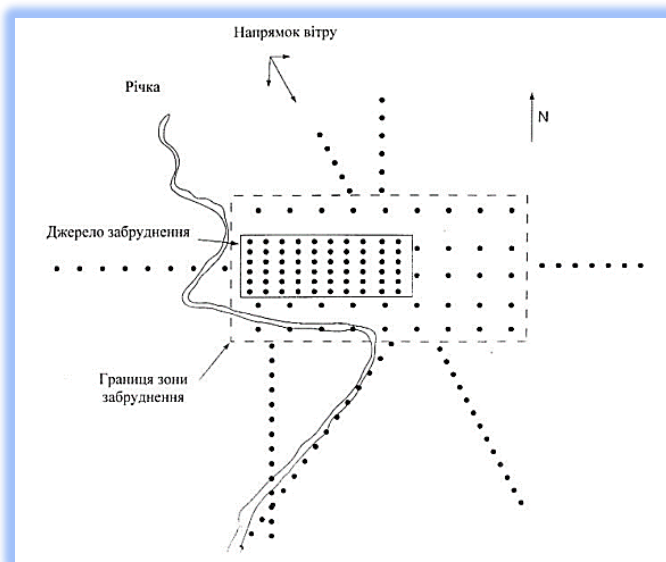
Моніторинг довкілля вимагає збирання результатів вимірювань параметрів навколишнього середовища. Однак, для отримання правильних результатів необхідно визначити мету, стратегію та методику збирання зразків об'єктів довкілля, їх фізичні, хімічні та біологічні параметри, що визначають стан навколишнього середовища та його зміни у просторі та часі.

Якщо місцезнаходження джерела забруднення відоме, зразки збирають в зоні розташування джерела з врахуванням природних особливостей місцевості та напрямку вітру (рис. 2.1). Якщо розташування джерела забруднення невідоме, використовують метод «сітки», який вимагає більших витрат та ігнорує топографічні особливості регіону. Для запобігання витрат використовують метод «перерізу», який надає інформацію щодо границь забруднених ділянок та є дешевшим (рис. 2.2).



**Рис. 2.1. Схема можливих варіантів збирання зразків ґрунту: а -метод «сітки»; б – метод «перерізу»**





**Рис. 2.2. Схема можливих варіантів збирання зразків ґрунту: а метод «сітки»; б – метод «перерізу»**

Залежно від мети дослідження глибина відбору проб ґрунту варіює від 0-5 см до 41-60 см; для оцінювання хімічних та забруднюючих речовин розмір ділянки для відбору зразків ґрунту коливається від 1 до 5 га.

Для збирання зразків ґрунту обирають однорідні ділянки земної поверхні; маса зразків дорівнює 400-1000 г.

### ***Нормативи та стандарти якості ґрунту***

Гранично допустима концентрація забруднюючих речовин –максимально допустима кількість забруднюючих речовин у ґрунтах, яка не зумовлює негативних екологічних наслідків для їхньої родючості, загального стану довкілля, якості сільськогосподарської продукції та стану здоров'я людини. У таблиці 2.1 наведено гранично допустимі концентрації

шкідливих речовин у ґрунтах відповідно ГОСТ 3034-84, 3210-85, 42-128-4433-87.

**Таблиця 2.1**

**Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у ґрунтах (ГОСТ 3034-84, 3210-85, 42-128-4433-87)**

Речовина	ГДК, мг/кг	Речовина	ГДК, мг/кг
Бензпірен	0,02	Бромофос, метилспірал	0,4
Свинець Pb	20,0	Сірководень H <sub>2</sub> S, поліхлорпілен	0,5
Хром шестивалентний Cr <sup>+6</sup>	0,05	Фтор F <sub>2</sub>	10,0
Ртуть	2,1	Хлорофос	0,5
Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> , толуол C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	0,3	Карбофос	2,0
Нітрати	130,0	Хлорамін	2,0
Мідь Cu	3,0	Метафос	0,1
Нікель Ni	4,0	Гексахлоран	1,0
Цинк Zn	23,0	Бромфос, метилстирал	0,4
Манган Mn	1 500,0	Гетерофос	0,005
Ванадій V	150,0	Агразин	0,01
Кобальт Co	5,0	Сірка S	160,0
Кадмій Cd,	1,0	Кадмій Cd	1,0

**Вимірювання забруднення ґрунту. Оптична емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою**

Індуктивно-зв'язана плазма (ІЗП) – це тип газового розряду, що збуджується змінним (1-100 МГц) радіочастотним полем за допомогою індукційної котушки.

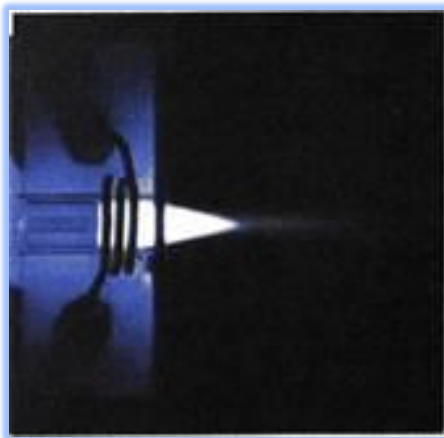
Індуктивно-зв'язана плазма використовується в атомному емісійному аналізі або мас-спектрометрії.

Оптична емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою, *ОЕС-ІЗП (або атомна емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою, АЕС-ІЗП) представляє собою аналітичну техніку, призначену для детектування металів у слідових кількостях.*

Емісійна спектроскопія вивчає спектри випромінювання атомів, молекул та іонів, збудженими різноманітними джерелами електромагнітного випромінювання, з метою якісного та кількісного визначення складу речовини.

Метод ОЕС-ІЗП передбачає збудження атомів та іонів індуктивнозв'язаною плазмою, що супроводжується випромінюванням з певними довжинами хвиль, набір яких притаманний елементу, що досліджується. Інтенсивність випромінювання пропорційна концентрації цього елемента.

Система ОЕС-ІЗП складається з джерела плазми, яке містить три концентричних кварцових трубки та котушки, зв'язаної з джерелом радіочастотного поля. Через котушку пропускають газ аргон, який під впливом потужного радіочастотного поля та розрядника утворює факел (рис. 2.3).



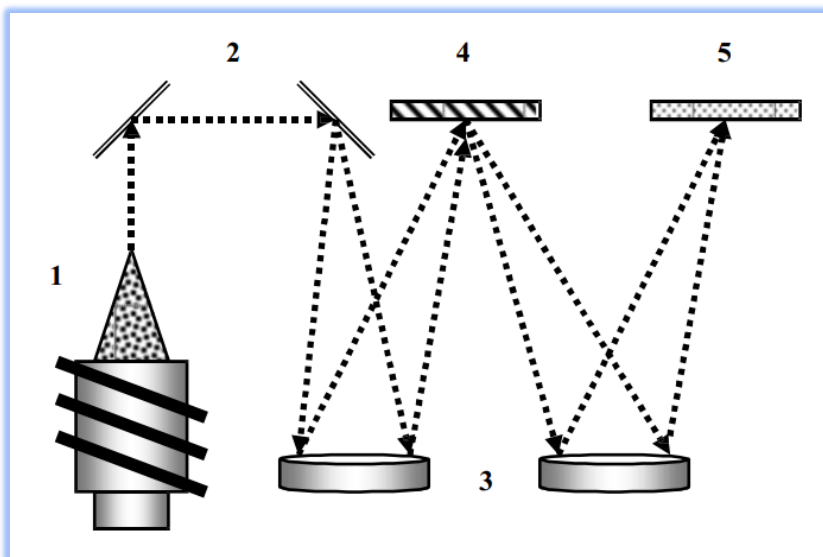
*Рис. 2.3. Утворення факелу у котушці під впливом радіочастотного поля*

Внаслідок зіткнень нейтральних атомів та заряджених частинок утворюється стабільна високотемпературна (7000 К) плазма.

В область плазми накачується зразок, який взаємодіє з електронами та іонами плазми, через що сам розкладається на іони. Процес руйнування молекул зразка в плазмі супроводжується випромінюванням на певних довжинах хвиль.

Вимірювання довжин хвиль та інтенсивності спектральних ліній за допомогою дифракційної решітки та фотоелектронного помножувача або лінійки діодних детекторів, поєднаних з системою реєстрації (рис. 2.4).

Вимірювання аналітичних довжин хвиль та інтенсивності спектральних ліній дає можливість проаналізувати зразок.



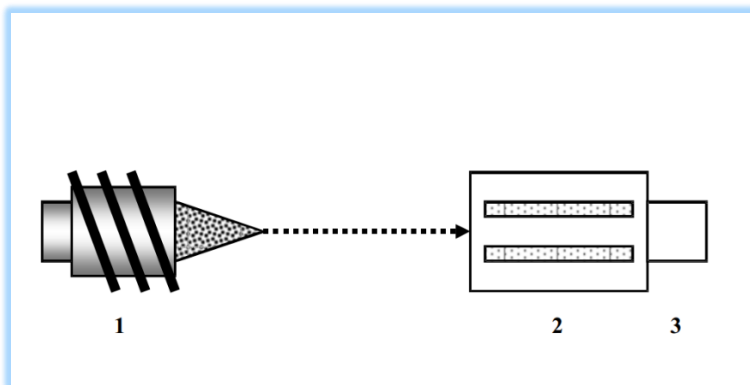
*Рис. 2.4. Принцип оптичної емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ОЕС-ІЗП): 1 – джерело плазми; 2, 3 – дзеркала; 4 – дифракційна решітка; 5 – детектор*

Метод ОЕС-ІЗП використовують для аналізу забруднень ґрунту (елементарний склад забруднюючих речовин ґрунту містить алюміній, барій, берилій, бор, кадмій, кальцій, хром, кобальт, мідь, залізо, магній, марганець, молібден, срібло, кремній, стронцій, олово, ванадій, цинк), визначення елементарних складових добрив (Са, Fe, К, Mg, Na, P, та S). Границі детектування методу ОЕС-ІЗП становлять 0,2-100 ррб.

### ***Мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІСП)***

Цей метод ґрунтується на використанні індуктивно-зв'язаної плазми як джерела іонів та мас-спектрометра для їх розділення та детектування.

На відміну від методу ОЕС-ІЗП вимірювання довжин хвиль та інтенсивності спектральних ліній здійснюється за допомогою мас-спектрометра (рис. 2.5). Зразок, що аналізується, розміщують у центральному каналі у вигляді аерозолі, який одержується шляхом розпилення рідини. Коли аерозолі потрапляють у центральний канал, вони випаровуються та розпадаються на атоми. Завдяки високій температурі суттєва частина атомів іонізується та надходить на вхід мас-спектрометра.



***Рис.2.5. Принцип мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ІСП-МС): 1 – джерело плазми; 2 – мас-спектрометр; 3 –детектор***

Мас-спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою є одним з типів мас-спектрометрії, який характеризується високою чутливістю та здатністю визначати метали та деякі неметали в концентраціях, що не перевищують 10-10 %, тобто одну частинку на 10<sup>12</sup> (трильйон).

Метод ІСП-МС дає можливість ідентифікувати та кількісно оцінювати одночасно понад 60 елементів періодичної системи за дві хвилини з точністю 0,1 мкг/л.

Метод ІСП-МС використовують для аналізу забруднюючих речовин ґрунту, зокрема алюмінію, сурми, миш'яку, барію, берилію, кадмію, хрому, кобальту, міді, свинцю, марганцю, молібдену, нікелю, срібла, талію, урану, ванадію, цинку.

Серед інших методів аналізу забруднюючих речовин ґрунту можна відмітити високоефективну рідинну хроматографію (феноли, ксиленоли, крезолі, нафтоли), газову хроматографію з полум'яним іонізаційним детектором (поліароматичні вуглеводні, поліхлоровані біфеніли, леткі органічні сполуки, пестициди), комбінацію газової хроматографії з масспектрометрією ГХ-МС (радіонукліди, леткі органічні сполуки, важкі метали).

### ***Завдання для самостійної роботи:***

- 1. Назвати фізичні показники якості ґрунту.***
- 2. Які показники якості ґрунту відносяться до хімічних?***
- 3. У чому полягає принцип оптичної емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою?***
- 4. У чому полягає принцип мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою?***
- 5. Охарактеризувати показники якості ґрунту<sup>2</sup>.***

---

<sup>2</sup>Дослідницьке завдання для ОНП

## ***Практична робота № 3 Засоби екоаналітичного контролю ґрунтів. Класифікація приладів, методів і засобів дослідження ґрунтів***








**Мета роботи:** ознайомитись та вивчити принципи дії засобів контролю та засобів дослідження ґрунтів.

### ***Теоретичні відомості***

Важлива родина з групи засобів екоаналітичного контролю є родина приладів призначених для аналізу ґрунтів, донних відкладів та інших твердих речовин, мінералів і поверхонь. У порівнянні з аналізаторами рідин і газів, вони поширені в меншій мірі, що зумовлено не так їх необхідністю, як складністю аналізу. Відомо кілька портативних аналізаторів вітчизняного та іноземного виробництва. Це зокрема аналізатори меркурію. Крім того, в геологорозвідці застосовується рентгено-радіометричний газоаналізатор хімічних елементів РПП-105, який ґрунтується на рентгенофлуоресцентному методі аналізу.

За літературними даними для масового контролю параметрів ґрунтів практично застосовуються тільки універсальні лабораторні прилади стаціонарного типу. До їх числа входять лабораторні і портативні прилади, які призначені для вимірювання концентрації забруднюючих речовин і прилади для контролю фізико-хімічних, механічних і мікробіологічних параметрів ґрунту. Класифікація цих приладів є традиційною.

На сьогодні відомо і застосовується близько 80 методик дослідження ґрунту за допомогою цих приладів. Застосування методик з такими приладами (у відсотковому співвідношенні):

-  **фотометричні прилади – 26 %;**
-  **спектрометричні (ААС або АЕС) – 21 %;**
-  **хроматографічні – 40 %;**
-  **електрохімічні – 11 %;**
-  **титратори – 7 %;**
-  **хроматомасспектрометри – 5 %;**
-  **спектрометри – 2,5 %;**

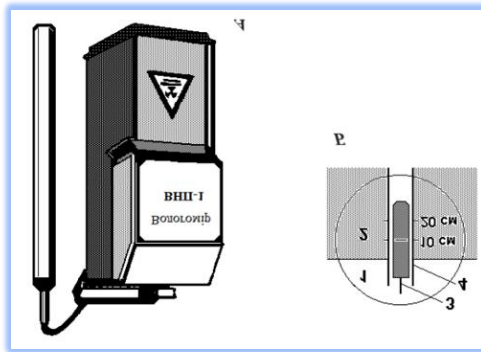
✚ **всі інші – близько 3-4 %.**

Для дослідження ґрунту найчастіше використовуються засоби вимірювання універсального призначення (лабораторні прилади). Це ті прилади, які в основному застосовуються і для аналізу рідин. Але є і специфічні.

Основні засоби вимірювання: **фотометри, флуориметри, спектрофотометри, хроматографи, атомно-абсорбційні спектрометри, емісійні спектрометри, прилади на основі електрохімічних методів аналізу (вольтамперометри, йономіри, полярографи).**

Застосовуються звичайні засоби хімічної лабораторії: **аналітичні ваги, хімічний посуд.**

Нейтронний вологомір ВВП-1. (Рис. 3.1) Принцип дії цього приладу оснований на здатності атомів водню уповільнювати рух швидких нейтронів, переводячи їх у ранг повільних. В складі приладу – електронний цифровий вимірювальний блок з індикатором на рідких кристалах і датчик, суміщений в одному корпусі з джерелом швидких нейтронів.



**Рис.3.1 Нейтронний вологомір ВВП-1: А – прилад; Б - датчик**

Для повторних вимірювань в одній і тій же точці поля необхідно пробурити свердловину на глибину 1-1,5 м і вставити в неї стаціонарну обсадну металеву, або пластмасову трубу, щоб закріпити стінки і попередити осипання ґрунту. Внутрішній



діаметр труби повинен бути таким, щоб дозволяв легко рухатись датчику ВНП-1 при неодноразовому переміщенні його на різні рівні за глибиною.

Сфера дії нейтронного методу має радіус 30 см. Це означає, що ним можна виміряти концентрацію повільних нейтронів у сфері діаметром 60 см (тобто в шарі ґрунту висотою 60 см), а це в свою чергу означає, що у верхніх шарах ґрунту 0-10 і 0-20 см цим методом визначати вологість просто не можливо. При зануренні датчика на глибину 10 см прилад ВНП-1 завжди показує нуль, навіть при повному насиченні ґрунту водою, а на глибині 20 см дані вологості ґрунту мають в 1,5-2 рази менші значення в порівнянні з глибиною 30 см.

### ***Прилад “Агротестер”***

В основу цього приладу покладено метод вимірювання комплексного опору ґрунту в змінному електричному полі (так званий кондуктометричний метод). Він складається з цифрового електронного вимірювального блоку на світло-діодах і датчика-бура. Датчик “Агротестер” влаштовано так, що дві круглі шнекоподібні лопатні служать і засобом занурення датчика на задану глибину і засобом вимірювання, тобто конденсатором, в якому середовищем між обкладинками-лопатнями є ґрунт. Вага комплекту 6 кг. Споживає він 1, 5 Ват електроенергії від автономного блоку живлення на акумуляторах.

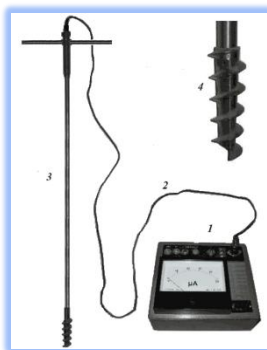


***Рис. 3.2 Прилад «Агротестер»***

Прилад “Агротестер” має ту, основну, перевагу над ВПП-1, що він значно краще пристосований до технології землеробства. Для його використання не потрібно закладати в ґрунт стаціонарні обсадні труби. Датчик “Агротестер” занурюється в ґрунт і виймається після завершення вимірювань і поле вільне для проведення наступних робіт, пов’язаних з сівбою (посадкою) культур і доглядом за ними. Цінним є також і те, що датчик “Агротестер” з телескопічною трубою кріпиться до вимірювального пристрою і становить з ним єдине ціле, що створює додаткові зручності при користуванні приладом у полі.

#### ***Вимірювач параметрів ґрунтів ВПП-1 (ИПП-1).***

В приладі ВПП-1 використано принцип вимірювання комплексної електропровідності  $Y$  в змінному струмі низької частоти (до 10 кГц). Основні його технічні дані такі: діапазон вимірювання вологості ґрунту 2 - 40 % від сухої маси ґрунту; діапазон вимірювання температури ґрунту - 0...+ 50°C; Середньоквадратичне відхилення від даних ТВ-методу 2, 5 %. Прилад створено в УкрНДГМІ (Рис. 3.3).

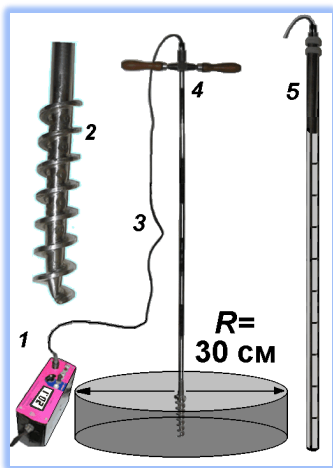


***Рис.3.3. Вимірювач параметрів ґрунтів ВПП-1***

***1 – вимірювальний блок вологості і температури;  
2 – з’єднувальний шнур; 3 – датчик-свердло; 4 – чутливі до  
вологості і температури елементи датчика у збільшеному  
вигляді***

### ***Вимірювач параметрів ґрунтів ВПГ-4ц***

В основу ВПГ-4ц покладено новий спосіб вимірювання вологості матеріалів, розроблений УкрНДГМІ в 2001 р. Особливість цього методу та, що він більш чутливий до ємнісної складової комплексної електропровідності ґрунту, ніж всі відомі досі. Прилад ВПГ-4ц захищений патентами України №239 від 16. 01. 1993р. , №27798 від 16. 10. 2000 р. та заявкою № 2004031597 від 04. 03. 2004 р.



***Рис.3.4. Зовнішній вигляд вимірювача параметрів ґрунтів ВПГ-4ц. 1 - цифровий вимірювальний блок; 2 - наконечник переносного датчика у збільшеному вигляді; 3 - з'єднувальний провід; 4 - переносний датчик вологості ґрунту; 5 - стаціонарний датчик вологості ґрунту.***

Серед інших методів і засобів, які можна спробувати використати для вимірювання вологості ґрунту слід відзначити стаціонарний датчик вологості ґрунту корпорації Sutron (США), надвисокочастотний вологомір ґрунтових зразків СВП-5, радіолокатор для визначення вологості ґрунту, фотооптичний вологомір ґрунтових зразків, переносний ІЧ-вологомір IRMM-106, вологомір "ВИМС-1" (для бетону, цегли, піску, деревини,

зерна), цифровий вологомір для сіна і силосу WILE-25 і ряд інших.

### ***Датчик вологості ґрунту корпорації Sutron (США)***

Датчик електричного опору, призначений для дистанційного контролю вологості ґрунту (рис. 6). конструктивно виконаний таким чином, що основна стінка циліндра є напівпроникною (пропускає тільки воду, а в середині циліндра знаходяться два ізольовані електричні контакти і речовина, що всмоктує вологу з ґрунту. Коли внутрішня всмоктувальна сила датчика більша ніж у ґрунті він усмоктує воду, і віддає воду, коли, навпаки, смоктальна сила ґрунту більша. Таким чином між осмосом в нутрі датчика і осмосом ґрунту завжди існує динамічна рівновага. Недоліками такого типу датчиків є велика інерційність і неможливість використання їх на будь-яких полях, а тільки на таких, які в даний момент не обробляються (такий же недолік і нейтронного вологоміра ВНП-1).



***Рис. 3.5. Датчик вологості ґрунту корпорації Sutron (США).***

Разом з тим виникають певні проблеми, обумовлені конструкцією датчика і пов'язані з його установкою на окремих полях. Для установлення таких датчиків на полях іншого підходу поки що не знайдено, як ручним способом копати лопатою шурфи і встановлювати такі датчики на глибинах 10, 20, 30, . . . 100, . . . 150 см. (Така ж методика установки датчиків Даніліна, де використано вугільні електроди). На противагу цим датчиком,

стаціонарні датчики УкрНДГМІ (рис. 5, фігура 5; рис. 9, фігура 2 ) для глибин 10, 20, 50 см і глибше, зібрані в спільний монолітний циліндр, який має діаметр ґрунтового бура АМ-26. Такий збірний датчик-моноблок легко можна вставити в свердловину, зроблену у ґрунті буром АМ-26 і не потрібно рити шурфи лопатою. Висота кожного окремого датчика рівно 10 см і це забезпечує точну установку всіх датчиків на відповідну глибину. Глибину установки датчиків корпорації Sutrop важко точно контролювати.

Ефективність гідрометеорологічного забезпечення сільського господарства в цілому і землеробства конкретно залежить від точності агрометеорологічної інформації, яка визначається точністю вимірювання агрометеорологічних величин (параметрів) і точністю агрометеорологічних прогнозів. Між іншим, точність агрометеорологічних прогнозів також в певній мірі залежить від точності вимірювання агрометеорологічних показників. Дослідження, проведені в УкрНДГМІ показали, що існуюча мережа агро- і гідрометеорологічних спостережень в Україні така, що дозволяє одержувати задовільну агрометеорологічну інформацію для гідрометеорологічного забезпечення землеробства тільки в масштабі держави, на обласному рівні вже відчувається брак необхідної інформації як за обсягом, так і за точністю.

***Завдання для самостійної роботи:***

- 1. Які прилади застосовуються для масового контролю параметрів ґрунтів?***
- 2. Для яких вимірів призначені лабораторні і портативні прилади?***
- 3. Назвіть декілька засобів вимірювання і контролю якості ґрунтів.***
- 4. Які засоби хімічної лабораторії застосовуються при проведенні досліджень?***

## **5. Охарактеризуйте прилади і методи проведення досліджень показників ґрунту<sup>3</sup>**

### **Практична робота 4 Характеристика ґрунтів та їх забруднень**

**Мета роботи:** навчитись оцінювати ступінь забруднення ґрунтів різними видами забруднювачів.

#### **Теоретичні відомості**

Ґрунт – це самостійне природне тіло, яке утворюється з поверхневих шарів гірських порід під сукупним впливом тварин, рослин, мікроорганізмів, клімату, води, рельєфу місцевості, часу, діяльності людини. Товщина ґрунтового покриву становить від 0,15-0,20 м до 2,00-3,00 м. Найважливіша особливість ґрунту – родючість, тобто забезпечення рослин усім необхідним для їх росту і розвитку. Родючість ґрунтів визначається: щільністю, материнською породою, вмістом гумусу, концентрацією біогенних макро- і мікроелементів, тепловим режимом, хімічним складом ґрунтової газової фази, багатством живої речовини, відсутністю забруднювачів, шкідників та збудників захворювань рослин. Усі процеси, що відбуваються в ґрунті, тісно взаємопов'язані.

Оптимальною є щільність ґрунту  $1 \text{ г/см}^3$ , вже при щільності  $1,4 \text{ г/см}^3$  погіршуються умови для росту коріння, газо- і водообміну, існування тваринних організмів, що розпушують ґрунт. Важка техніка, що працює на полях, переущільнює ґрунти, змінюючи не лише їх структурно-механічні властивості, але і хімічні та біологічні процеси.

У різних кліматичних зонах змінюється швидкість процесів ґрунтоутворення, товщина ґрунтового покриву, його родючість, типи ґрунтів (чорноземи, сірі лісові, каштанові, чорноземи тощо).

---

<sup>3</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

За вмістом гумусу розрізняють 2 типи ґрунтів: чорноземи (7-10 % гумусу) і підзолисті (2-3 % гумусу). Гумус підвищує вбираючу здатність та буферну ємність ґрунту, регулює рН, створює оптимальні умови для росту рослин.

Хімічний склад і концентрація ґрунтового розчину зумовлює живлення і ріст рослин. За високого вмісту солей рослини втрачають тургор (вода виходить з капілярів коренів рослин у ґрунт). Висока концентрація катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  стримує надходження у рослину  $\text{K}^+$  та  $\text{PO}_4^{3-}$  і сприяє засвоєнню  $\text{NH}_4^+$ . Зниження рН погіршує ріст коріння, зменшує поглинання поживних речовин, пригнічує синтез білків і цукру. За високого значення рН сповільнюється поглинання фосфат-іонів, збільшується засвоєння катіонів.

Підвищення температури від  $10^\circ\text{C}$  до  $25^\circ\text{C}$  збільшує надходження поживних речовин. За охолодження ґрунту  $< 10^\circ\text{C}$  уповільнюється поглинання рослинами сполук нітрогену і фосфору.

ґрунтова газова фаза містить ґрунтове повітря, пари води та гази, що виділяються під час гниття органічних залишків чи надходять з навколишнього середовища. Це важливий компонент ґрунту у якому кисень є джерелом для дихання коренів рослин та аеробних мікроорганізмів. Вуглецю(IV) оксид утворюється в ґрунті під час дихання живих організмів та розкладання органічних решток, його оптимальний вміст – 0,1–1,5 %. Частина  $\text{CO}_2$  виділяється в атмосферу, інша поглинається корінням рослин та використовується у процесі фотосинтезу для створення біомаси.

Окреме місце в ґрунті займає жива фаза, яка представлена організмами, що беруть участь у процесах ґрунтоутворення. До неї належать мікроорганізми (бактерії, гриби, актиноміцети, водорості), представники ґрунтової мікро- і мезофауни (найпростіші, черв'яки, комахи та інші) та кореневі системи рослин.

Однією з найважливіших властивостей багатьох ґрунтів є кислотність, яка зумовлена наявністю іонів гідрогену, а також

обмінних іонів гідрогену та алюмінію в ґрунтовому розчині. Розрізняють актуальну і постійну кислотність. Актуальна або активна кислотність – це кислотність ґрунтового розчину, яка залежить від кількості органічних і мінеральних кислот у розчині. Виражають її величиною водного рН. Потенційна або пасивна кислотність – це кислотність ґрунту, яка виникає під час взаємодії із солями. Ця кислотність характеризується наявністю іонів  $H^+$  і  $Al^{3+}$  у ґрунтовому комплексі, які беруть участь в обмінних реакціях. Залежно від міцності зв'язку між  $H^+$  і  $Al^{3+}$  розрізняють два види потенційної кислотності: обмінну та гідролітичну. Обмінна кислотність – це кислотність ґрунтового розчину, яка утворюється в процесі витіснення  $H^+$  і  $Al^{3+}$  нейтральною сіллю ( $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $BaCl_2$ ).

З метою підвищення урожайності та для боротьби з бур'янами, шкідниками, захворюваннями сільськогосподарських культур використовують велику кількість хімічних засобів. Усі вони містять домішки важких металів, радіонуклідів, канцерогенів тощо. Крім того, джерелами надходження важких металів у ґрунти є: відкритий видобуток корисних копалин, викиди металургійних заводів, хімічних підприємств, сміттєспалювальних заводів, теплових електростанцій, звалища відходів, атмосферні опади, пожежі тощо. Метали порівняно легко накопичуються у ґрунтах, але повільно і важко видаляються з них.

Нафта за високих концентрацій ізолює поживні речовини від коріння рослин, робить ґрунтову масу гідрофобною, при загусненні утворює асфальтоподібну масу на поверхні ґрунту, яка ускладнює обмін газами і водою між атмосферою та ґрунтом.

Радіаційне забруднення ґрунтів спричиняють: радіоактивність гірських порід, які виходять на поверхню; втрати під час розробок родовищ та перероблення уранових руд; випробовування ядерної зброї; могильники радіоактивних відходів; аварії на атомних електростанціях. Радіонукліди



мігрують як на поверхні ґрунту, так і вглиб. Шляхи міграції залежать від кліматичних умов, сорбційних властивостей ґрунтів, діяльності ґрунтових мікроорганізмів, розчинності радіонуклідів, ступеня засвоєння рослинами. Тому для досягнення максимальної родючості з нанесенням мінімальної шкоди ґрунтам слід постійно проводити моніторинг їх стану, прогнозувати зміни властивостей і регулювати вплив негативних чинників.

Оцінку рівня забруднення ґрунтів виконують за такими показниками: коефіцієнт концентрації хімічного елемента ( $K_C$ ), сумарний показник забруднення ( $Z_C$ ). Коефіцієнт концентрації визначають як відношення реального вмісту забрудника у ґрунті до його фонового вмісту або ГДК.

$$K_C = C / C_{\Phi} = C / ГДК, \quad (4.1)$$

де:  $C$  – реальний вміст певної хімічної речовини в ґрунті, мг/кг;  $C_{\Phi}$  – фоновий вміст цієї хімічної речовини в ґрунті, мг/кг;  $ГДК$  – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Зазвичай ґрунти одночасно забруднені кількома речовинами, тому для них розраховують сумарний показник забрудненості, який відображає комплексний ефект впливу всієї групи речовин:

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_{C_i} \right) - (n - 1), \quad (4.2)$$

де:  $Z_C$  - сумарний показник забруднення ґрунтів;  $K_{C_i}$  – коефіцієнт концентрації  $i$ -тої речовини в пробі ґрунту;  $n$  – кількість врахованих забруднюючих речовин.

Сумарний показник забруднення може бути визначений як для всієї території, так і для окремої ділянки, що визначена геохімічною вибіркою. Оцінку небезпечності забруднення ґрунтів комплексом хімічних речовин за показником  $Z_C$  виконують за оціночною шкалою, градація якої розроблена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на територіях з різними рівнями забруднення ґрунтів (табл. 4.1).

**Таблиця 4.1**

**Орієнтовна оціночна шкала небезпечності забруднення ґрунтів за сумарним показником  $Z_C$**

Категорія забруднення ґрунту	$Z_C$	Зміна показників здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Допустима	$\leq 16$	Найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення
Помірно небезпечна	16 - 32	Підвищення загального рівня захворюваності
Небезпечна	32 - 128	Підвищення загального рівня захворюваності: кількості дітей, які часто хворіють; дітей з хронічними захворюваннями; порушення функціонування серцево-судинної системи.
Дуже небезпечна	$> 128$	Підвищення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції у жінок (збільшення випадків токсикозу при вагітності, передчасних пологів, мертвонароджених, гіпотрофій немовлят).

У табл.4.2 наведені значення ГДК деяких хімічних речовин у ґрунті.

**Таблиця 4.2**

**Значення ГДК хімічних речовин у ґрунті**

Забруднююча речовина	ГДК, мг/кг	Забруднююча речовина	ГДК, мг/кг
Кобальт	5,0	Фосфор (суперфосфат)	200,0
Манган, вилучений з чорнозему та дерново-підзолистого ґрунту	700,0	Фториди	10,0
Мідь (рухома форма)	3,0	Сірководень	0,4
Нікель	4,0	Бензол	0,3
Ртуть	2,1	Ксилоли	0,3
Свинець (рухома форма)	6,0	Стирол	0,1
Свинець	32,0	Толуол	0,3
Хром	6,0	Ізопропілбензол	0,5
Цинк	23,0	Азотні калійні добрива	120,0
Нітрати	130,0	Поверхнево-активні речовини	0,2
Арсен	20,0	Рідкі комплексні добрива	80,0

**Завдання 1.** Ґрунт у населеному пункті забруднений декількома хімічними речовинами, їх концентрація така (мг/кг): нітрати – 390,0; суперфосфат – 290,0; фториди – 47,0; арсен –

18,0. ГДК цих забруднювачів наведено в табл. 2.2. Розрахуйте сумарний показник забруднення ґрунтів.

### *Розв'язок*

Сумарний показник забруднення ґрунтів визначимо за формулою (2), він рівний:

$$Z_C = \{390 / 130 + 290 / 200 + 47 / 10 + 18 / 20\} - (4 - 1) = 7,95$$

Оцінка небезпеки забруднення ґрунту в населеному пункті (табл.4.1) допустима.

**Завдання 2.** Ґрунти території нафтопереробного заводу і навколо нього забруднені відходами, що містять токсичні шкідливі речовини (мг/кг):  $\alpha$  -метилстирол – 1,99; толуол – 0,78; бензол – 0,17. Розрахуйте у скільки разів перевищений їх вміст у ґрунті, якщо ГДК (мг/кг) становить відповідно: 0,5; 0,3, 0,57.

**Розв'язання.** Визначимо у скільки разів перевищено ГДК вище перелічених речовин у ґрунті:  $\alpha$  -метилстирол = 1,99:0,5 = 3,88; толуол = 0,78:0,3 = 2,6; бензол = 0,17:0,57 = 0,30. Вміст  $\alpha$  -метилстиролу перевищено в 3,88 раз; толуолу – в 2,6 раз; бензолу – в 0,3 раз.

Під час внесення мінеральних добрив у ґрунт потрапляють важкі метали, які спричиняють зміни фізичних, фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунтів, погіршення умов функціонування ґрунтової біоти і зоофауни, навіть їх загибель. У ґрунтах діють механізми, що призводять до трансформації техногенних потоків, зв'язування ксенобіотиків в малорухомі і недоступні для рослин форми, що діють в певних межах. Враховуючи це, екологічна ситуація може змінюватися від сприятливої до катастрофічної. Розрізняють такі типи екологічної ситуації (за вмістом важких металів).

**Сприятлива** – у ґрунтах вміст валових форм знаходиться на рівні кларків<sup>4</sup>, рухомих форм – нижчий від ГДК; у рослинній продукції – нижчий від ГДК.

**Задовільна** – у ґрунтах вміст валових форм дещо перевищує кларки, але не сягає ГДК, рухомих форм – на рівні ГДК; у рослинній продукції – нижчий від ГДК.

**Передкризова** – у ґрунтах вміст валових форм на рівні ГДК, рухомих форм – у 1,5-2 рази вищий від ГДК; у рослинній продукції – на рівні ГДК.

**Кризова** – у ґрунтах вміст валових форм у 2-10 раз вищий від ГДК, рухомих форм – у десятки раз вищий від ГДК; у рослинній продукції – в 1,1-1,5 рази вищий від ГДК.

**Катастрофічна** – у ґрунтах вміст валових форм у десятки і сотні раз вищий від ГДК, рухомих форм – у сотні раз вищий від ГДК; у рослинній продукції – у десятки раз перевищує ГДК.

**Завдання 3.** Визначити рівень прояву кризових явищ і тип екологічної ситуації при використанні мінеральних добрив, які містять важкі метали.

**Таблиця 4.3**

**Визначення типу екологічної ситуації.**

Вид добрив	Вміст в добриві важких металів, г/т	ГДК, мг/кг	Рівень прояву кризових явищ	Тип екологічної ситуації
<b>Купрум (рухома форма)</b>				
Нітратні	89	3,0	29,7	Катастрофічна
Фосфорні	107	3,0	35,7	Катастрофічна
Калійні	9,3	3,0	3,1	Кризова
<b>Цинк</b>				
Нітратні	49	23	2,1	Кризова
Фосфорні	151	23	6,6	Кризова
Калійні	50	23	2,2	Кризова

<sup>4</sup> кларки\* - числа, що показують вміст хімічних елементів у вагових або атомних відсотках.

Для визначення типу екологічної ситуації під час внесення мінеральних добрив і супутнього забруднення ґрунтів важкими металами слід вміст важких металів в тонні добрива розділити на ГДК металу. Так ми отримуємо рівень прояву кризового явища за яким визначимо тип екологічної ситуації.

**Приклад 1.** Визначаємо рівень прояву кризового явища щодо забруднення ґрунтів купрумом (рухома форма) внесеними:

- ✚ з нітратними добривами  $89:3 = 29,7$  – катастрофічна екологічна ситуація;
- ✚ з фосфорними добривами  $10:3 = 35,7$  – катастрофічна екологічна ситуація;
- ✚ з калійними добривами  $9,3:3 = 3,1$  – кризова екологічна ситуація.

**Приклад 2.** Визначаємо рівень прояву кризового явища щодо забруднення ґрунтів Цинком внесеними:

- ✚ з нітратними добривами  $49:23=2,1$  – кризова екологічна ситуація;
- ✚ з фосфорними добривами  $151 : 23 = 6,6$  – кризова екологічна ситуація;
- ✚ з калійними добривами  $50 : 23 = 2,2$  – кризова екологічна ситуація.

За надлишкового вмісту в кореневмісному шарі ґрунту солей (мають отруйний вплив на рослини натрію хлорид, кальцію хлорид, кальцію сульфат, магнію сульфат, натрію гідрокарбонат, натрію карбонат та інші), які згубно діють на розвиток сільськогосподарських культур виникає явище засолення. Ступінь засолення ґрунтів визначають за формулою:

$$\alpha = \frac{m}{S} \cdot 100, \quad (4.3)$$

де:  $\alpha$  – ступінь засолення ґрунтів, %;  $m$  – вміст обмінного іону  $Na^+$  (мг-екв/100 г ґрунту);  $S$  – сума поглинених основ (мг-екв/100 г ґрунту).

**Завдання 4.** Визначити ступінь засолення різних типів ґрунтів, якщо вони мають такі характеристики (мг-екв/100 г ґрунту):

**Приклад 1**

$$[Ca^{2+}] = 29; [Mg^{2+}] = 5,8; [Na^+] = 1,9$$

**Розв'язок**

$$S = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] = 29 + 5,8 + 1,9 = 36,7; m = 1,9$$

$$\alpha = \frac{1,9}{36,7} \cdot 100 = 5,18\%.$$

Ступінь засолення ґрунту 5,18 %.

**Приклад 2**

$$[Na^+] = 2,0; S = 22$$

**Розв'язання**

$$\alpha = \frac{2}{22} \cdot 100 = 9,09\%.$$

Ступінь засолення ґрунту 9,09 %.

**Приклад 3**

$$[Ca^{2+}] = 7,8; [Mg^{2+}] = 2,4; S = 17$$

**Розв'язок**

$$\begin{aligned}
 [Na^+] &= S - \{[Ca^{2+}] + [Ca^{2+}]\} = 17 - \\
 &- \{7,8 + 2,4\} = 6,8 \\
 \alpha &= \frac{6,8}{17} \cdot 100 = 4,71 \%
 \end{aligned}$$

Ступінь засолення ґрунту 4,71 %.

**Завдання 5.** Швидкість втрат гумусового шару становить у середньому 1 см щорічно. Зменшення товщини гумусового шару на 1 см викликає зниження потенційного врожаю зернових культур у чорноземах на 100 кг із 1 га. Оцініть наслідки для світового співтовариства, якщо середня врожайність зернових культур у світі становить 28 центнерів з га.

#### **Розв'язок**

Втрата 1 см гумусу за рік супроводжується зменшенням врожайності на 100 кг із 1 га. На сьогодні, середня врожайність зернових культур 2800 кг із 1 га, тоді кількість років за які втратиться весь гумус становитиме  $t = \frac{2800}{100} = 28 \text{ років}$

За 28 років врожайність зернових культур буде нульовою.

**Завдання 6.** Запаси гумусу орних угідь степової зони становлять у середньому 400 т/га. Внаслідок погіршення агрохімічних властивостей відбувається щорічна втрата гумусу у середньому до 0,33 %. Розрахуйте дисбаланс гумусу за 3 роки на території 100 га.

#### **Розв'язок**

Визначимо кількість гумусу, що втрачається з 1 га в рік  $400 \times 0,33 = 132 \text{ т / га}$ . За три роки втратимо  $132 \times 3 = 396 \text{ т / га}$ . На території 100 га за три роки втратимо



$396 \times 100 = 39600$  т гумусу. За три роки на території 100 га втратимо 39600 т гумусу.

**Завдання 7.** Щорічні втрати оброблюваних земель становлять 50000 км<sup>2</sup>. На частку сільськогосподарських угідь припадає близько 10 % від усього земельного фонду планети. Підрахуйте через скільки років сільськогосподарські угіддя можуть деградувати повністю. В оцінках прийняти, що радіус Землі становить 6370 км, а на частку суші доводиться 1/3 від усієї площі поверхні Землі.

**Розв'язок**

Розрахуємо площу поверхні Землі за формулою:

$$S_3 = 4\pi R^2, \quad (4.4)$$

де  $S_3$  – площа поверхні Землі;  $R$  – радіус Землі.

$$S_3 = 4 \times 3,14 \times (6370)^2 = 450964586 \text{ км}^2$$

Визначаємо площу суші:

$$S_C = 450964586 \times 1/3 = 16988195,5 \text{ км}^2.$$

Визначаємо площу сільськогосподарських угідь

$$S_{c.y.} = 16988195,5 \times 0,1 = 1698819,5 \text{ км}^2.$$

Розрахуємо через скільки років сільськогосподарські угіддя можуть деградувати  $t = 1698819,5 : 50000 = 339,76$  років.

За щорічних втрат оброблюваних земель 50000 км<sup>2</sup> сільськогосподарські угіддя можуть деградувати повністю за 339,76 років.

**Завдання 8.** Перетворення родючих земель у пустелі іде зі швидкістю 1 га/хв. Територія суші придатна для проживання людства оцінюється приблизно у 100 млн. км<sup>2</sup>. Через який проміжок часу населення планети вичерпає всі земельні ресурси.

#### *Розв'язок*

Перерахуємо швидкість перетворення родючих земель ( $V$ ) у пустелі в одиниці – км<sup>2</sup>/рік, тоді:

$$V = 1 \times 60 \times 24 \times 365 = 525600 \text{ га} / \text{рік} = 5256 \text{ км}^2 / \text{рік} .$$

Розрахуємо час за який населення планети вичерпає всі земельні ресурси:

$$t = 100000000 : 5256 = 19025,9 \text{ роки}$$

Час за який населення планети вичерпає всі земельні ресурси складе 19025,9 роки.

**Завдання 9.** Розрахуйте вологість зразка ґрунту масою 50 г, якщо після висушування і доведення до постійного значення маса сухого ґрунту складала 48,5 г.

#### *Розв'язок*

$$W = \frac{m_g - m_c}{m_g} \cdot 100\%, \quad (4.5)$$

де  $m_g$  – маса вологого ґрунту;  $m_c$  – маса сухого ґрунту.

$$W = \frac{50 - 48,5}{50} \cdot 100 = 3 \%$$

Вологість ґрунту 3 %.

**Завдання 10.** Оцініть строк зникнення лісових масивів у глобальному масштабі, якщо швидкість зникнення лісів становить 0,8 га/с із урахуванням поновлення. В оцінках прийняти радіус Землі 6370 км, суша займає 30 % від усієї поверхні планети, середня площа лісів – 25 % суші.

**Розв'язок**

Розрахуємо площу поверхні Землі за формулою:

$$S_3 = 4\pi R^2, \quad (4.6)$$

$$S_3 = 4 \times 3,14 \times (6370)^2 = 450964586 \text{ км}^2.$$

Визначаємо площу суші:

$$S_c = 450964586 \times 0,3 = 135289376 \text{ км}^2.$$

Визначаємо площу лісів:

$$S_n = 135289376 \times 0,25 = 33822344 \text{ км}^2$$

Перерахуємо швидкість зникнення лісів ( $V$ ) в одиниці – км<sup>2</sup>/рік, тоді:

$$\begin{aligned} V &= 0,8 \times 3600 \times 24 \times 365 = 25228800 \text{ га} / \text{рік} \\ &= 252288 \text{ км}^2 / \text{рік} \end{aligned}$$

Розраховуємо термін зникнення лісових масивів у глобальному масштабі:

$$t = 33822344 : 252288 = 134 \text{ роки}$$

Термін зникнення лісових масивів у глобальному масштабі складе 134 роки.

*Завдання для самостійної роботи:*

1. *За якими показниками проводять оцінку якості ґрунтів?*
2. *Як відбувається оцінка небезпеки забруднення ґрунту в населеному пункті?*
3. *Як розраховуються запаси гумусу орних угідь?*
4. *Оцінити наслідки зменшення орного шару земель України.*
5. *Дослідити визначення типу екологічної ситуації під час внесення мінеральних добрив і супутнього забруднення ґрунтів важкими металами (згідно завдання).<sup>5</sup>*

*Практична робота № 5 Прогнозування гумусового стану ґрунтів на основі балансових розрахунків*

**Мета роботи:** оволодіти методикою розрахунку балансу гумусу; розрахувати гумусовий баланс по окремих сільськогосподарських культурах; визначити норму внесення органічних добрив для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу; спрогнозувати гумусовий стан ґрунту на перспективу.

### ***Теоретичні відомості***

Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу є важливим фактором окультурення та покращення екологічного стану орних земель. Відомо, що сільськогосподарське освоєння земель, створення культурних агроценозів призводить до значних змін у

---

<sup>5</sup>. Дослідницьке завдання для ОНП

кругообігу речовин та енергії педоценозів. Прогресивне накопичення енергії, ряду хімічних елементів у формі гумусу змінюється процесами посиленої дегуміфікації та деградації ґрунтів. Це обумовлюється тим, що значна частина органічної маси відчужується у складі товарної частини врожаю, інтенсивним обробітком ґрунту, застосуванням мінеральних добрив тощо. Зниження вмісту гумусу призводить до погіршення властивостей ґрунтів, зниження рівня ефективної родючості, екологічної стійкості агроценозів, якості продукції.

Для запобігання розвитку деградаційних процесів, формування окультурених ґрунтів необхідно створити на орних землях позитивний або бездефіцитний баланс гумусу. З цією метою необхідно вміти прогнозувати зміни гумусового стану ґрунтів та розраховувати баланс гумусу.

Існує ряд методик розрахунку гумусового балансу для різних типів ґрунтів та ґрунтово-кліматичних зон (Ликов А.М., 1977; Чесняк Г.Я., 1987; Веремеєнко С.І., 1997). Для зони Полісся з метою розрахунку балансу гумусу може бути використана методика С.І. Веремеєнка :

$$B = P \cdot v - \Gamma_{\phi} \cdot a \quad (5.1)$$

де  $B$  – баланс гумусу, т/га;  $P$  – кількість стерньово-кореневих решток, що надходять в ґрунт, т/га;  $v$  – коефіцієнт гуміфікації рослинних решток;  $\Gamma_{\phi}$  – фактичні запаси гумусу в орному шарі ґрунту, т/га;  $a$  – коефіцієнт мінералізації гумусу.

Запаси гумусу в ґрунті розраховують за формулою:

$$\Gamma_{\phi} = 100 \cdot C \cdot H_0 \cdot d \quad (5.2)$$

де:  $C$  – вміст гумусу в ґрунті, %;  $H_0$  – потужність орного шару, м;  $d$  – щільність ґрунту, т/м<sup>3</sup>. Норма внесення гною для

забезпечення бездефіцитного балансу гумусу розраховується за формулою:

$$H = B / c \quad (5.3)$$

де  $H$  – норма внесення гною, т/га;  $c$  – кількість гумусу, що утворюється з 1 т гною ( $c = 0,058$ ).

**Таблиця 5.1**

**Коефіцієнти гуміфікації**

Культура	Коефіцієнт гуміфікації (в)
Зернові і зернобобові	0,25
Однорічні трави (сіно), льон	0,15
Картопля, коренеплоди, овочі	0,05
Силосні однорічні трави (зелена маса)	0,10
Багаторічні трави, люпин	0,18
Солома на добриво	0,25
Гній (суха речовина) <sup>6</sup>	0,30

**Таблиця 5.2**

**Коефіцієнти мінералізації гумусу під сільськогосподарськими культурами**

Культури	Гранулометричний склад	Коефіцієнт мінералізації (а)
Зернові, силосні	піщаний, супіщаний	0,016-0,021
	суглинковий	0,013-0,017
Картопля, коренеплоди	піщаний, супіщаний	0,038- 0,043
	суглинковий	0,030-0,034
Багаторічні трави	піщаний, супіщаний	0,016
Льон	піщаний, супіщаний	0,017
	суглинковий	0,016

<sup>6</sup> вологість гною підстилкового 80%, рідкого – 98%.

Таблиця 5.3

**Маса стерньово-кореневих решток, що накопичуються сільськогосподарськими культурами на дерново-підзолистих ґрунтах, ц/га**

Культура	Урожай, ц/га (у)	Стерньово-кореневі рештки	
		поверхневі (стерньові) рештки	кореневі рештки
Жито озиме	10-25	$0,3y + 3,2$	$0,6y + 8,9$
	26-40	$0,2y + 6,3$	$0,6y + 13,9$
Пшениця озима	10-25	$0,4y + 2,6$	$0,9y + 5,8$
	26-40	$0,4y + 8,9$	$0,7y + 10,2$
Ячмінь ярий	10 - 20	$0,4y + 1,8$	$0,8y + 6,5$
	21 -35	$0,09y + 7,6$	$0,4y + 13,4$
Овес	10-20	$0,3y + 3,2$	$1,0y + 2,0$
	21 -35	$0,15y + 6,1$	$0,4y + 16,0$
Просо	10-20	$0,2 y + 5,0$	$0,8y + 7,0$
	21-30	$0,3 y + 3,3$	$0,56y + 11,2$
Горох	5- 20	$0,14 y + 3,5$	$0,66y + 7,5$
	21-30	$0,2 y + 1,7$	$0,37y + 12,9$
Гречка	5-15	$0,25 y + 4,3$	$1,1y + 5,3$
	16-30	$0,2 y + 5,2$	$0,54y + 14,1$
Картопля	50-200	$0,04 y + 1,0$	$0,07 y + 3,5$
	201 -350	$0,03 y + 4,1$	$0,06y + 5,4$
Бурак кормовий	50 - 200	$0,13 y + 1,0$	$0,05y + 5,5$
	201 -400	$0,003 y + 2,4$	$0,05y + 5,2$
Льон	3 - 10	-	$1,3y + 9,4$
Силосні (без кукурудзи)	100-200	$0,04 y + 4,0$	$0,09y + 7,0$
Кукурудза на силосу	100-200	$0,03 y + 3,5$	$0,12y + 8,7$
	201 - 350	$0,02 y + 5,0$	$0,08y + 16,2$
Однорічні трави: вика (сіно)	10-40	$0,13 y + 6,0$	$0,7y + 7,5$
Горохо – овес	10-40	$0,2 y + 6,0$	$0,8y + 11,0$
Багаторічні трави (сіно)	40-60	$0,1 y + 0,0$	$1,0y + 15,0$

Результати розрахунку балансу гумусу представляють у вигляді табл. 5.4.

**Таблиця 5.4**

**Баланс гумусу**

Куль-тури	Урожайність, ц/га	Надійшло решток, т/га	Поповнення гумусу, т/га	Фактичні запаси гумусу, т/га	Мінералізовано гумусу, т/га	Баланс гумусу, ± т/га

Для прогнозування гумусового стану ґрунту розраховують мінімально допустимий вміст гумусу за методикою К. Дьякової (1987), використовуючи формулу:

$$G_{md} = A \times K \quad (5.4)$$

де  $G_{md}$  – мінімально допустимий вміст гумусу, %;  $A$  – вміст фізичної глини в ґрунті, %;  $K$  – емпіричний коефіцієнт, який для дерново-підзолистих ґрунтів - 0,04, для чорноземів та каштанових ґрунтів = 0,06.

Прогнозний вміст гумусу в ґрунті розраховують за формулою:

$$G_n = G_e \pm \frac{B \cdot T}{M \cdot V \cdot 1000} \quad (5.5)$$

де  $G_n$  – прогнозований вміст гумусу, %;  $G_e$  – вихідний вміст гумусу, %;  $B$  – баланс гумусу, ц/га;  $T$  – прогнозований період, роки;  $M$  – потужність шару ґрунту, м;  $V$  – об'ємна вага ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Результати розрахунків представити у вигляді табл. 5.5. Порівняти прогнозний вміст гумусу з його мінімально допустимим вмістом для даного типу ґрунту.



Таблиця 5.5

*Прогноз вмісту гумусу*

Ґрунт	Гм.д., %	Гв, %	Прогнозований вміст гумусу, %			
			5 років	15 років	25 років	40 років

*Завдання для самостійної роботи:*

- 1. З якою метою розраховується баланс гумусу в ґрунтах?*
- 2. Які є види балансу гумусу?*
- 3. Яку методикою розрахунку балансу гумусу можна використовувати в умовах Поліської зони України?*
- 4. З якою метою прогнозується гумусовий стан ґрунтів на перспективу?*
- 5. Провести оцінку запасів гумусу в ґрунті згідно варіанту<sup>7</sup>.*




*Практична робота № 6 Організація спостережень на спостережних майданчиках*

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою організації спостережень за ґрунтовими процесами і параметрами на спеціально облаштованих майданчиках.

*Теоретичні відомості*

*Спостережні майданчики* – це частина території, на якій виконуються стаціонарні спостереження. Виділяють 2 види спостережних майданчиків: 1 – головний спостережний майданчик; 2 – майданчики спеціального призначення з постійними установками.

Річні ділянки повинні бути в кількості не менше 3-х. Розміри цих ділянок залежать :

-  *від повторності визначень;*
-  *від кількості визначень за рік;*
-  *від відстані між спостережними свердловинами.*

---

<sup>7</sup>Дослідницьке завдання для ОНП.

Рекомендована мінімальна повторність – 4-х кратна, максимальна – 9-ти кратна. Стандартна – 4-х кратна. Кількість строків спостережень за 1 рік визначається кількістю спостережень за вологістю ґрунту.

**Головний майданчик** – це та територія, на якій будуть сконцентровані всі спостереження, що пов'язані з періодичним вийманням з ґрунту зразків. Ця територія повинна бути самою великою за площею, так як після кожного строку спостережень точки для наступних спостережень переносять на нове місце. Розглянемо орієнтовну схему спостережного майданчика:

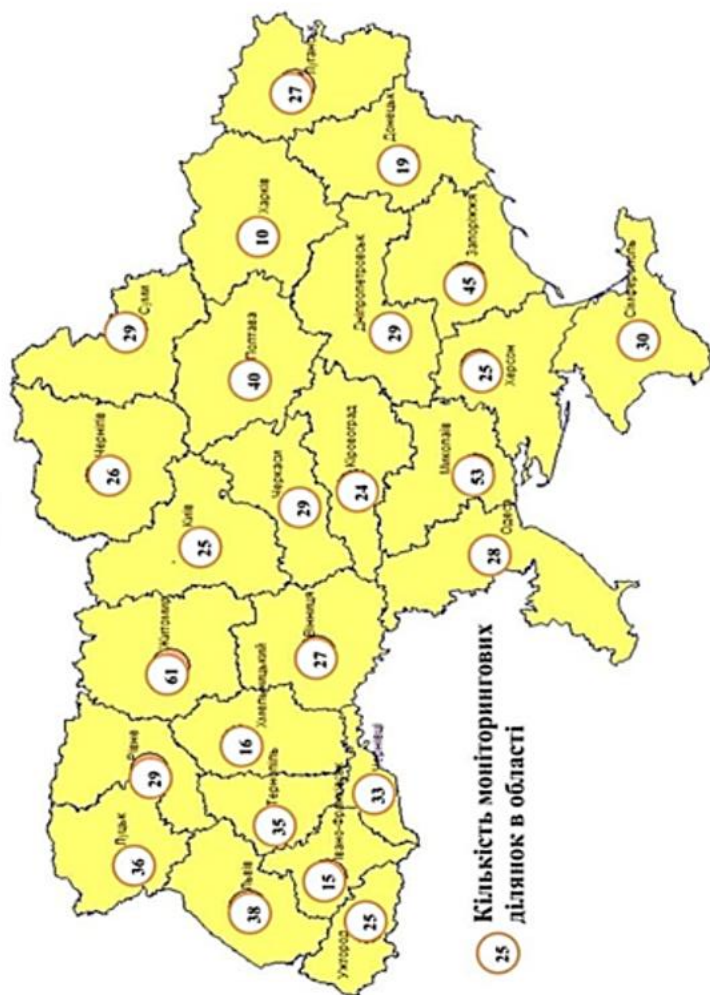
				<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	...	<i>n</i>				
1	2	3	4	I	I	I	...	I	4	3	1	2
				II	II	II	...	II				
				III	III	III	...	III				

**Рис. 6.1** *Схема спостережного майданчика*

*1* – траншея, яка використовується для первинного дослідження території; *2* – смуга відвалів траншеї; *3* – смуга для взяття зразків з робочої стінки траншеї; *4* – смуга для установки лізиметрів; *A* – група ділянок, які застосовуються в 1-ий рік спостережень; *B* – група ділянок, які застосовуються в 2-ий рік спостережень; *B* – група ділянок, які застосовуються в 3-ій рік спостережень; *n* – група ділянок, які застосовуються в *n*-ий рік спостережень; *I, II, III* – паралельні річні ділянки.

Спостереження за вологістю ведуть 1 раз в декаду в теплий період року та 1 раз в місяць – в холодний період. Для зони Полісся в середньому виходить 24 строки вимірювань на 1 рік.

Відстань між спостережними свердловинами повинна бути не менше 1 м, тобто, на кожну точку необхідно не менше 1 м<sup>2</sup>. Таким чином, річна ділянка при 4-х кратній повторності повинна мати площу не менше 100 м<sup>2</sup>.



*Рис. 6.2. Мережа стаціонарних ділянок моніторингу ґрунтів на території України*

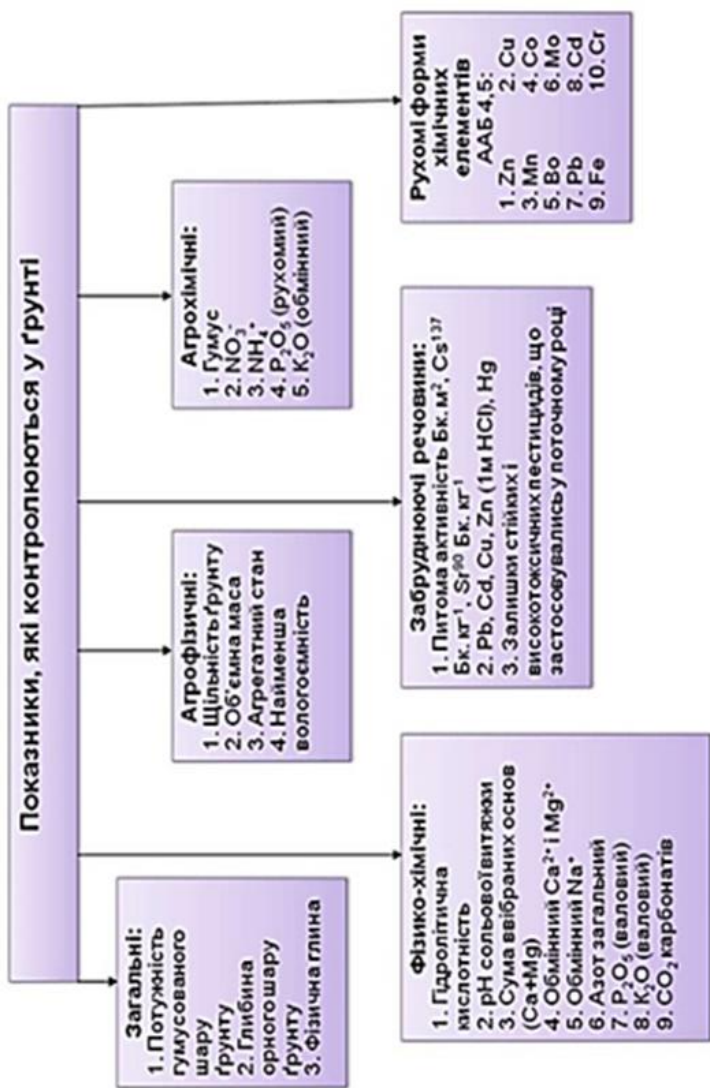


Рис. 6.3. Блок – схема контролю за показниками ґрунту

Зразки повинні мати достатній об'єм, тому головки буру повинні бути не менше, ніж 7-8 см в діаметрі, а краще - 10 см.

**Майданчики спеціального призначення** бувають 2-х видів:

1. майданчики для установки різних стаціонарних приладів, які не потребують зміни свого положення на протязі тривалого періоду часу. До таких майданчиків відносяться:
  - ✚ ділянки з п'езометрами;
  - ✚ ділянки з ґрунтовими термометрами;
  - ✚ ділянки для встановлення постійних трубок для відкачування ґрунтового повітря;
  - ✚ ділянки для установки стаціонарних приладів по визначенню вологості ґрунту;
  - ✚ ділянки для встановлення лізіметрів;
  - ✚ стокові площадки.
2. майданчики для визначення водно-фізичних властивостей ґрунтів, метеорологічні ділянки; ділянки для перезарядки випаровувачів.

Розміри спеціальних майданчиків можуть бути від декількох десятків до декількох сотень м<sup>2</sup>. Усі вони повинні бути винесені за межі основного майданчика, але повинні розташовуватись поряд із ним.

**Загальні вимоги щодо виконання польових стаціонарних спостережень**

- ✚ усі спостереження повинні виконуватись у строго визначені терміни, які попередньо встановлені і погоджені між всіма учасниками спостережень. Відхід від термінів спостережень допускається тільки через погодні умови, які можуть вплинути на результати;
- ✚ усі спостереження повинні виконуватись в строки з однаковими інтервалами;
- ✚ усі спостереження за різними критеріями, які супроводжуються вийманням ґрунтових зразків, повинні виконуватись шляхом аналізу одних й тих самих зразків;
- ✚ необхідно виконувати суцільну забивку відпрацьованих свердловин, відмічаючи їх кілочками. Усі вимірювання повинні наноситись на план ділянки;

✚ уся первинна обробка результатів повинна виконуватись негайно в полі. Усі дані повинні приводитись до такого стану, щоб вони були постійно доступні для всіх учасників спостережень.

*Завдання для самостійної роботи:*

1. *Що таке спостережний майданчик? Які є види спостережних майданчиків?*
2. *Що собою представляє головний майданчик?*
3. *Яких видів бувають майданчики спеціального призначення?*
4. *Які вимоги висуваються до польових стаціонарних спостережень?*
5. *Дайте агрохімічну оцінку стану ґрунту (згідно варіанту)<sup>8</sup>*

### ***Практична робота № 7 Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами***

***Мета роботи:*** ознайомитись з вимогами, що висуваються до проведення спостережень за забрудненням ґрунтів пестицидами та відбору ґрунтових зразків; оволодіти методикою розрахунку кількості ґрунтових проб для характеристики пестицидного забруднення ґрунтів.

### ***Теоретичні відомості***

У наш час існують певні правила та методи відбору проб ґрунтів для визначення мікрокількостей пестицидів, згідно яких спостереження і контроль за забрудненням ґрунтів пестицидами включає в себе декілька важливих моментів, а саме:

✚ ***при підготовці до спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів в польових умовах, як правило, вивчається наявний матеріал про фізико-географічні умови об'єкту дослідження; здійснюється детальне ознайомлення з***

---

<sup>8</sup>. Дослідницьке завдання для ОНП

*інформацією щодо тривалості застосування пестицидів в господарствах досліджуваного об'єкту;*

✚ *виявляються так звані вибіркові господарства з найбільш інтенсивним (за об'ємом) застосуванням на протязі останніх 5-7 років,*

✚ *аналізуються матеріали про урожайності сільськогосподарських культур і т.д.*

Дослідження забруднення ґрунтів пестицидами здійснюється на постійних та тимчасових пунктах спостережень.

**Постійні пункти** створюються в різних господарствах району обстежень не менш як на 5-ти річний період. Чисельність постійних пунктів залежить від кількості і розмірів господарств. З метою оцінки фонового забруднення ґрунтів пестицидами обираються ділянки, віддалені від сільськогосподарського та промислового виробництва, які знаходяться в „буферній“ зоні заповідників.

На **тимчасових пунктах** спостереження і контроль за забрудненням ґрунтів пестицидами здійснюється на протязі 1-го вегетаційного періоду або 1 року:

✚ *як правило, в кожному господарстві обстежують 8-10 полів під основними культурами. В кожній області слід обстежити декілька господарств, рівномірно розподілених по території (але не менше 2-х);*

✚ *для оцінки забруднення ґрунтів пестицидами ґрунти відбираються 2 рази на рік: навесні перед посівом та восени після збирання врожаю;*

✚ *при встановленні багаторічної динаміки залишкових кількостей пестицидів в ґрунтах або ж їх міграції в системі ґрунт-рослина спостереження проводяться не менше 6 разів у рік (1 раз - перед посівом; 2-4 рази під час вегетації, 1 - 2 рази в період збирання врожаю).*

Для оцінки діляночного забруднення ґрунтів пестицидами звичайно складається вихідна проба ґрунту, в котру входять 25-30 проб (виїмок), відібраних у полі по діагоналі ґрунтовим буром, який заглиблюється на глибину орного горизонту (0-20 см).

Ґрунт, який потрапив з підорного горизонту видаляється. Маса ґрунту, відібраного буром, складає 15-20 г. Відбір проб можна здійснювати і лопатою.

З метою вивчення вертикальної міграції пестицидів закладаються ґрунтові розрізи, глибина котрих залежить від потужності ґрунтів. Перед взяттям проб коротко описується місце розташування розрізу та ґрунтові горизонти (вологість, колір; гранулометричний склад, структура, новоутворення, включення, сліди діяльності тварин тощо). З кожного генетичного горизонту ґрунту береться 1 зразок потужність 10 см.

Для різних категорій місцевості та ґрунтових умов площі поля, забруднення якого характеризує 1 вихідна проба ґрунту, неоднакові (табл. 7.1).

**Таблиця 7.1**

***Категорія місцевості і ґрунтових умов при виборі площі поля для спостереження за рівнем забруднення ґрунтів пестицидами***

Категорії місцевості та ґрунтових умов	Площа поля, що характеризується 1-ю пробкою
1. Лісова зона, а також райони з хвилястим рельєфом, з різними ґрунтоутворюючими породами і комплексним ґрунтовим покривом	1 – 3
2. Лісостепові і степові райони з розчленованим рельєфом	3 – 6
3. Степові райони з рівнинним або слабо розчленованим рельєфом та одноманітним ґрунтовим покривом	10 – 20
4. Гірські райони з зі значною мікрокомплексністю ґрунтового покриву та незначними розмірами полів	0,5 – 3
5. Зрошувана зона	2 – 3



Відібрані будь-яким способом проби зсипаються на папір, потім ретельно перемішуються і квартуються 3-4 рази. Після квартування проба ретельно перемішується і ділиться на 6-9 частин, із центрів котрих береться приблизно однакова кількість ґрунту в мішечок. Маса отриманого вихідного зразка ґрунту складає 400-500 г. Зразок повинен мати етикетку та реєструється в польовому журналі, в котрий записують наступні дані: порядковий номер зразка, місце відбору; рельєф; вид сільгоспугіддя; площа поля; дата відбору, хто здійснював відбір.

Вихідні проби повинні аналізуватися в природному стані. Якщо з будь-яких причин провести аналіз на протязі одного дня неможливо, то проби висушуються до повітряно-сухого стану в захищених від світла місцях. Із повітряно-сухого зразка методом квартування в лабораторії береться середня проба масою 0,2 кг. З неї вибираються корені, каміння, включення. Відібрана проба ґрунту розтирається у фарфоровій ступці і просіюється через сито з отворами діаметром 0,5 мм, після чого з неї беруться наважки для хімічного аналізу по 10-15 г.

Кількість проб (шт.) визначається за формулою:

$$N = (S_1 / S_2) \cdot n \quad (7.1)$$

де  $S_1$  – загальна площа орних земель в межах території спостережень, га,  $S_2$  – площа поля, що характеризується 1 пробою, га,  $n$  – скільки разів на рік відбираються проби ( $n = 2$  – для оцінки загального пестицидного навантаження на ґрунти;  $n = 6$  – для визначення багаторічної динаміки зміни вмісту пестицидів).

***Завдання для самостійної роботи:***

- 1. З якою метою при організації спостережень за станом ґрунтів закладаються ґрунтові розрізи?***
- 2. Які Вам відомі правила відбору проб ґрунту?***
- 3. Скільки складає маса отриманого вихідного зразка?***

4. Як мають бути проаналізовані проби в природному стані?
5. Розробити програму спостережень за забрудненням ґрунтів пестицидами, виходячи з вихідних даних.<sup>9</sup>

### ***Практична робота № 8 Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами***

**Мета роботи:** ознайомитись з вимогами, що висуваються до проведення спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами та відбору ґрунтових зразків; оволодіти методикою визначення місць розташування ключових ділянок.

#### ***Теоретичні відомості***

Перед здійсненням польової програми спостережень за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами в природних та сільськогосподарських ландшафтах необхідно провести планування робіт, тобто визначити приблизну кількість точок відбору ґрунтів, котрі дадуть основний фактичний матеріал, скласти схему їх територіального розташування, намітити польові маршрути або послідовність обробки площ, встановити календарні терміни виконання завдання.

Необхідно зібрати відомості про джерела забруднення ґрунтів на території (розташування, сировина, що використовується, об'єм виробництва, відходи), а також встановити зв'язок з установами, котрі зацікавлені в запланованих обстеженнях.

Спостереження за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами краще проводити в сухий період року (в період збору урожаю основних сільськогосподарських культур), тобто влітку та на початку осені. Повторні спостереження за рівнем забруднення ґрунтів важкими металами територій, що були обстежені раніше, здійснюється через 5-10 років.

---

<sup>9</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

Щоб глибше зрозуміти взаємозв'язок між ґрунтами, природними та господарськими умовами району, здійснюється попереднє розвідування місцевості. Розвідувальні обстеження проводяться маршрутним шляхом, більш або менш детально в залежності від природної складності території, ступеня її вивченості, площі та масштабу обстежень.

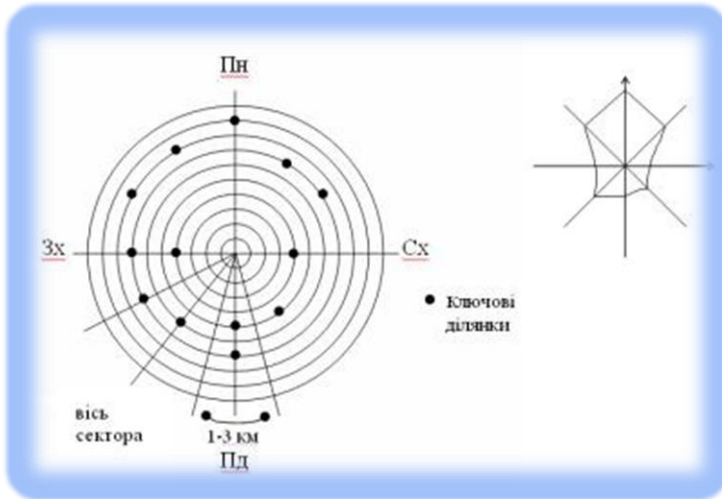
При детальних обстеженнях забруднення ґрунтів навколо одиничного джерела забруднення достатньо 1-2 рази перетнути ділянку. При більших площах (обстеження полів) розвідувальне обстеження вимагає значних зусиль і часу, щоб охопити маршрутами місцевість, перетинаючи її по головним елементам рельєфу.

У результаті рекогносцирування виявляються основні ландшафтні особливості території, загальні закономірності просторових змін ґрунтовою покриву, головні форми ґрунтоутворення тощо. Паралельно йде ознайомлення з місцевим фондовим матеріалом, збираються відомості про клімат та мікроклімат, про погодні умови останніх років, про захворювання людей, причина котрих підвищений вміст важких металів в екосистемі.

При виборі ділянок спостереження на територіях, які використовуються в сільському господарстві, вихідним робочим документом є топографічна основа певного масштабу (зазвичай 1: 10 000).

Контури (схема) міста (робітничого селища) або промислового комплексу розташовується, як правило, в центрі плану місцевості, котрий перезнімається з топографічної основи.

Із геометричного центру (місто, промисловий комплекс, завод тощо) за допомогою циркуля наносяться кола на таких відстанях: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2; 3; 4; 8; 10; 20; 30 км, тобто позначається зона можливого забруднення ґрунтів важкими металами (*Рис.8.1*).



**Рис. 8.1. Карта-схема проведення спостережень забруднення ґрунтів важкими металами навколо підприємства**

Довжина зони забруднення визначається швидкістю та частотою вітрів даного румба (розою вітрів), характером викидів в атмосферу (густиною речовини, дисперсністю часток), висотою труб, рельєфом території, рослинністю і т.д. Значна кількість тонкодисперсних аерозолів і газів, що містять важкі метали, залишається в атмосфері, переноситься на значні відстані і надходить в глобальний кругообіг на планеті.

На підготовлений таким чином план місцевості наносяться контури багаторічної рози вітрів по 8-16 румбам. Найбільший вектор, який відповідає найбільшій повторюваності вітрів, відкладається у підвітряний бік. Його довжина складає 25-30 см, тобто 25-30 км.

У напрямі радіусів будуються сектори шириною 200-300 м поблизу джерел забруднення з поступовим розширенням до 1-3 км. У місцях перетину осей секторів з колами розташовуються ключові ділянки, на них – мережа опорних розрізів, пункти і майданчики взяття проб.

**З а в д а н н я :**

- ✚ Розробити систему спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами.**
- ✚ Визначити зону можливого забруднення ґрунтів важкими металами та кількість ключових ділянок для ведення спостережень, виходячи з вихідних даних.**

***Вихідні дані***

Варіант	Румби, %							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	Зх	ПнЗх
1	8	6	9	16	11	11	24	15
2	22	10	13	7	9	18	16	5
3	12	9	14	10	17	9	13	16
4	4	23	15	5	7	21	12	13
5	11	3	14	14	25	7	19	7
6	7	11	23	6	5	19	12	17
7	5	18	9	18	21	4	14	11
8	22	17	5	9	10	10	15	12
9	13	9	23	16	6	18	8	7
10	17	7	9	4	22	20	11	10
11	6	10	6	13	24	18	15	8
12	15	24	11	9	16	11	8	6
13	4	20	17	11	9	22	10	7
14	9	8	7	6	13	16	18	23
15	10	9	15	12	22	5	17	10
16	11	5	14	18	4	9	21	18
17	5	22	16	18	10	13	9	7
18	12	19	5	11	23	7	17	6
19	7	11	14	3	14	25	19	3
20	16	12	14	9	17	10	13	9

***Під ключовою ділянкою*** розуміють ділянку (1-10 га та більше), яка характеризує типові та такі, що постійно повторюються в даному районі поєднання ґрунтових умов та умов рельєфу, рослинності та інших компонентів фізико-географічного середовища.

Основну частку ключових ділянок слід розташовувати в напрямку двох екстремальних променів (румбів) рози вітрів. За умови нечітко вираженої рози вітрів ділянки повинні характеризувати територію рівномірно в напрямку усіх румбів рози вітрів.

Вивчення процесів забруднення ґрунтів на ключових ділянках здійснюється значно більш детально, ніж на решті території.

*Завдання для самостійної роботи:*

- 1. Які вимоги, висуваються до проведення спостережень за забрудненням ґрунтів важкими металами та*
- 2. Які вимоги, висуваються до відбору ґрунтових зразків?*
- 3. Як визначається довжина зони забруднення?*
- 4. Дослідіть стан забруднення ґрунтів важкими металами (згідно варіанту).<sup>10</sup>*

### *Практична робота № 9 Картографування забруднення ґрунтів важкими металами*

*Мета роботи:* ознайомитись з методикою виготовлення ґрунтотехнохімічних карт на основі результатів спостережень за вмістом в ґрунтах важких металів.

#### *Теоретичні відомості*

За результатами спостережень за вмістом в ґрунтах важких металів складаються спеціальні карти забрудненості ґрунтів важкими металами – ґрунтотехнохімічні карти. На таких картах вказують не тільки типи, підтипи, види і різновиди ґрунтів за прийнятою систематикою, але й ступінь забруднення ґрунтів поллютантами, зокрема важкими металами.





Під **ґрунтотехнохімічними картами** розуміють зменшене зображення на площині типового, узагальненого

---

<sup>10</sup> Дослідницьке завдання для ОНП






математично, визначеного розподілу забруднених в різній степені ґрунтів та їх комбінацій. Ці карти є різновидом ґрунтових карт, які належать до групи тематичних (Рис 9.1-9.3).

Процес складання карт забрудненості ґрунтів включає наступні етапи:






-  **підготовка топографічної основи;**
-  **розробка шкали ступеня забруднення ґрунтів;**
-  **коректування ґрунтових контурів та нанесення контурів забруднених ґрунтів і додаткових позначень на підготовлену топографічну основу;**
-  **оформлення карти.**

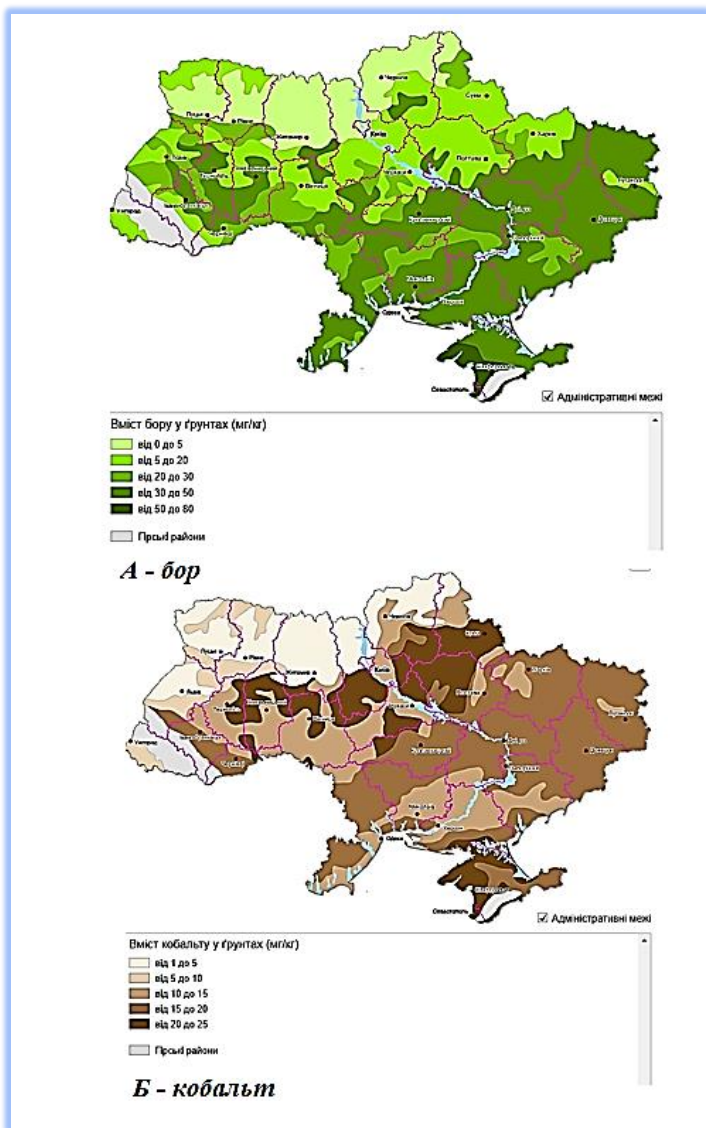
Згідно аналітичних даних, важкі метали розподіляються в ґрунтах тієї чи іншої території нерівномірно. Ця обставина передбачає здійснення спеціальної обробки даних щодо вмісту важких металів з метою отримання більш наочної оцінки ступеня забруднення ґрунтів. Така обробка даних можлива за наявності ГДК важких металів в ґрунтах. Якщо немає ГДК, то використовують кларки важких металів.

Оцінка і картографування ступеня забруднення ґрунтів важкими металами здійснюється згідно наступної шкали ступеня забруднення ґрунтів (у відносних одиницях):

-  **незабруднені – менше 0,5 ГДК, менше 1 кларка**
-  **слабо забруднені – 0,5 - 1,5 ГДК, 1 – 3 кларки**
-  **середньо забруднені – 1,5 - 2,0 ГДК, 3 - 5 кларків**
-  **сильно забруднені – 2,0 - 2,5 ГДК, 5 - 6 кларків**
-  **дуже сильно забруднені – більше 2,5 ГДК, більше 6 кларків.**

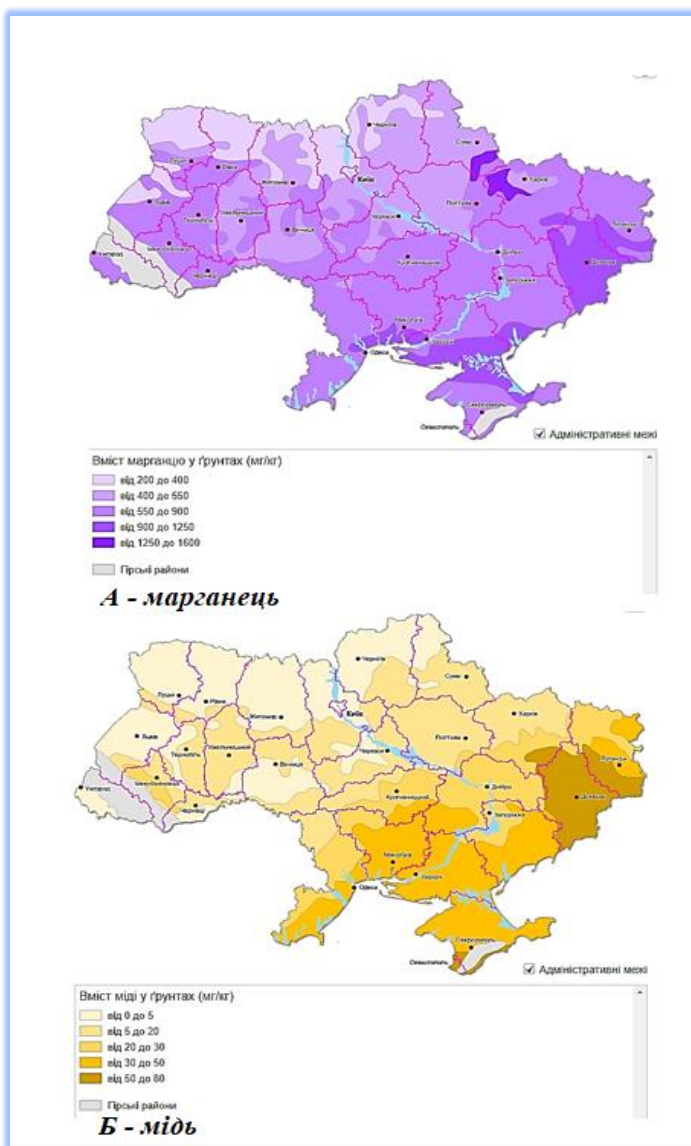
Кожному значенню шкали на карті має відповідати певний колір або штриховка. Шкала кольорів, починаючи з найменшої (фонові) наступна:

-  **незабруднені – блакитний;**
-  **слабо забруднені – зелений;**
-  **середньо забруднені – жовтий;**
-  **сильно забруднені – помаранчевий;**
-  **дуже сильно забруднені – червоний.**

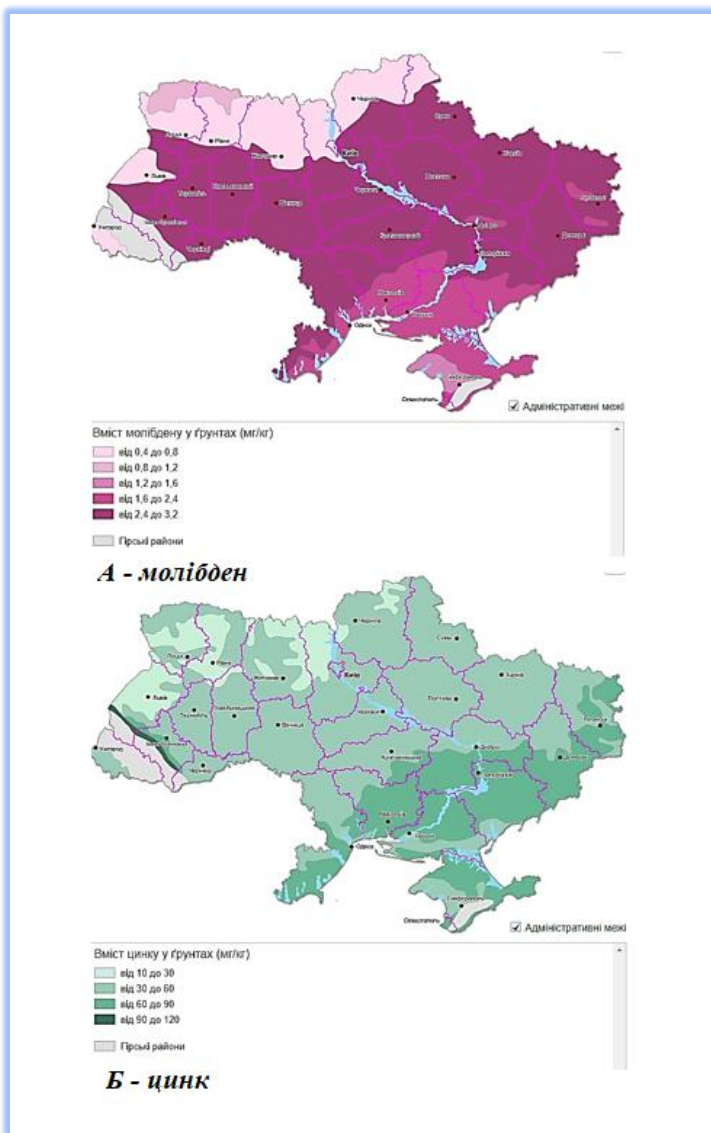


*Рис. 9.1 Вміст А – бору, В - кобальту в ґрунтах України*





*Рис. 9.2. Вміст А – марганцю, Б - міді в ґрунтах України*



**Рис. 9.3. Вміст А – молібдену, Б - цинку в ґрунтах України**

Після здійснення розрахунків ступеня забруднення ґрунтів починають наносити контури на підготовлену топографічну основу з урахуванням запропонованої вище шкали. Спочатку наносять значення валового вмісту важкого металу в орному шарі ґрунту в мг/кг для конкретної ґрунтової відміни. Потім у відповідності до шкали ступеня забруднення ґрунтів важкими металами зафарбовують ґрунтову відміну у відповідний колір.

Для кожного елемента складається окрема карта. За малої кількості важких металів, що контролюються (2-3), можна скласти єдину карту.

Карти забруднення ґрунтів важкими металами супроводжуються пояснювальною запискою, в якій наводяться усі фізико-географічні умови регіону, а також коротко характеризуються метеорологічні умови, дається характеристика джерел забруднення.

#### *Завдання для самостійної роботи:*

- 1. Яким чином відбувається картографування ступеня забруднення ґрунтів?*
- 2. Як відбувається процес складання карт забруднення?*
- 3. Які критерії оцінки стану забруднення ґрунтів важкими металами?*
- 4. Оцініть стан забруднення важкими металами регіону згідно завдання.*
- 5. Оцінити екологічну ситуацію, що склалася на досліджуваній території і розробити комплекс заходів щодо усунення негативних явищ.<sup>11</sup>*

---

<sup>11</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

## **Практична робота № 10 Показники (індикатори) якості ґрунту.**

**Мета роботи:** ознайомитись з показниками (індикаторами) якості ґрунту.










### **Теоретичні відомості**

Якість ґрунту – це здатність певного типу ґрунту функціонувати в межах природних або керованих людиною екосистем, забезпечувати продуктивність рослин та тварин, покращувати якість води та повітря, підтримувати здоров'я людини та умови його мешкання.

Показники (індикатори) якості ґрунту – це фізичні, хімічні та біологічні властивості, процеси та характеристики, які вимірюються з метою моніторингу змін у ґрунті.

Показники якості ґрунту можуть включати характеристики твердих ґрунтових речовин, ґрунтових розчинів, ґрунтового повітря, рослинності та інших компонентів ґрунтової біоти; можливе застосування економічного аналізу землекористування або екосистемного забезпечення.

Фізичні показники ґрунту визначаються:

-  **текстурою;**
-  **структурою;**
-  **об'ємною густиною;**
-  **пористістю;**
-  **аерацією;**
-  **кольором;**
-  **агрегаційною стабільністю;**
-  **вологістю;**
-  **температурою.**

Оскільки фізичні показники пов'язані з взаємним розташуванням ґрунтових частинок та пор, вони відбивають здатність або обмеженість коріння до зростання, появу сходів, інфільтрацію, рух води у ґрунтовому профілі.

Текстура ґрунту характеризує відносні пропорції піску, мулу та глини. Можна відокремити такі класи ґрунтів за розмірами частинок:

- ✚ глина – до 0,002 мм;
- ✚ мул – 0,002–0,02 мм;
- ✚ дрібний пісок – 0,02–0,2 мм;
- ✚ великий пісок – 0,2–2,0 мм;
- ✚ ґравій – більше за 2,0 мм.

Наявність в ґрунті піску впливає на аерацію ґрунту та низький вміст води. Глина утримує воду, але забезпечує погану аерацію ґрунту.

Структура ґрунту визначається як розміри, форма та упаковка агрегатів та порожнин між ними. Важливими функціями ґрунту, пов'язаними з структурою, є підтримання біологічної продуктивності, регулювання та спрямування потоків води, забезпечення кругообігу та накопичення поживних речовин.

Оцінка рівня забруднення ґрунтів виконується за показниками, розробленими завдяки суміщенню геохімічних та гігієнічних досліджень міських середовищ.

Такими показниками є:

- ✚ коефіцієнт концентрації хімічного елемента  $K_c$ ;
- ✚ сумарний показник забрудненості  $Z_c$ .

Коефіцієнт концентрації визначається як відношення реального вмісту хімічної речовини у ґрунті до фонового вмісту цієї самої речовини:

$$K_c = \frac{C}{C_\phi} \quad \text{або} \quad K_c = \frac{C}{ГДК} \quad (10.1)$$

де  $C$  – реальний вміст визначеної хімічної речовини у ґрунті, мг/кг;  $C_\phi$  – фоновий вміст визначеного хімічного елемента у ґрунті, мг/кг;  $ГДК$  – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини, мг/кг.

$$Z_C = \left( \sum_{i=1}^n K_{Ci} \right) - (n - 1) \quad (10.2)$$

де  $Z_C$  – сумарний показник забрудненості ґрунтів;  $K_{Ci}$  – коефіцієнт концентрації  $i$ -тої хімічної речовини у пробі ґрунту;  $n$  – кількість врахованих хімічних речовин.

Оцінка небезпечності забруднення ґрунтів комплексом хімічних речовин за показником  $Z_C$  виконується за оціночною шкалою, градація якої розроблена на підставі вивчення стану здоров'я населення, яке мешкає на територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (табл. 10.1).

**Таблиця 10.1**  
**Орієнтовна оцінчна шкала небезпечності забруднення ґрунтів за сумарним показником  $Z_C$**

Категорія забруднення ґрунту	$Z_C$	Зміна показників здоров'я мешканців у зонах забруднення ґрунтів
Допустима	0-16	Найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення
Помірно небезпечна	16-32	Підвищення загального рівня захворюваності
Небезпечна	32-128	Підвищення загального рівня захворюваності, кількості дітей, які часто хворіють, дітей з хронічними захворюваннями, порушення функціонування серцево-судинної системи.
Дуже небезпечна	>128	Підвищення захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції у жінок (збільшення випадків токсикозу при вагітності, передчасних пологів).

Таблиця 10.2

## Значення ГДК хімічних речовин у ґрунті

<i>Назва речовини ГДК, мг / кг</i>	<i>Метали</i>
Кобальт	5,0
Манган, вилучений з чорнозему дерновопідзолистого ґрунту	700,0
Купрум (рухома форма)	3,0
Нікель	4,0
Меркурій	2,1
Плюмбум (рухома форма)	6,0
Плюмбум	32,0
Хром	6,0 6,0
Цинк	23,0
<b><i>Неорганічні сполуки</i></b>	
Нітрати	130,0
Арсен	20,0
Сірководень	0,4
Фосфор (суперфосфат)	200,0
Фториди	10,0
<b><i>Ароматичні вуглеводні</i></b>	
Бензол	0,3
Ізопропилбензол	0,5
Ксилоли	0,3
Стирол	0,1
Толуол	0,3
<b><i>Добрива та ПАР</i></b>	
Рідкі комплексні добрива	80,0

**Завдання для самостійної роботи:**

1. Що називають якістю ґрунту.
2. Які показники відносяться до індикаторів якості ґрунту?
3. Чим визначаються фізичні показники ґрунту?
4. Які бувають класи ґрунтів за розмірами частинок?

**5. Користуючись табличними даними роботи, розрахувати сумарний показник забрудненості ґрунту.<sup>12</sup>**

**Практична робота № 11. Моніторинг якості ґрунту. Визначення індексу якості ґрунтів.**

**Мета роботи:** ознайомитись з основними показниками (індикаторами) якості ґрунтів та оволодіти методикою оцінки якості.

**Теоретичні відомості**

**Моніторинг земель** – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки.

Основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого- економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.

Земельний фонд України становить 60,4 млн. га; сільськогосподарські угіддя – 69,3%, в тому числі рілля – 54,4%, перелоги – 0,4%, багаторічні насадження – 1,6%, сіножаті — 3,8%, пасовища – 9,1%, лісові та інші насадження – 17,2%, заболочені землі – 1,6%, землі, вкриті водою – 4,0%, 159 тис. га займають радіоактивно забруднені сільськогосподарські угіддя, 164,4 тис. га – порушені землі.

З усіх типів ґрунтів найродючішими є чорноземи (еталон родючості), вони займають до 60 % усіх сільськогосподарських

---

<sup>12</sup>Дослідницьке завдання для ОНП



угідь України та розташовані в межах лісостепу та степу. Вміст гумусу в цих ґрунтах становить 4–9 %, їх товщина сягає 1–1,5 м.

Індекс якості ґрунту *Soil Quality Index SoQI* визначається за формулою:

$$SoQI = 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \quad (11.1)$$

Фактор *F1*, який характеризує відношення кількості забруднюючих речовин, що не відповідають стандартам (локальним, регіональним чи державним) *HBC*, до загальної кількості *Nз* забруднюючих речовин у ґрунті, визначається за виразом:

$$F1 = \frac{N_{HBC}}{N_з} \quad (11.2)$$

Фактор *F2* представляє відношення кількості тестів *THBC*, результати яких не відповідають стандартам, до загальної кількості проведених тестів *TC*:

$$F2 = \frac{T_{HBC}}{T_з} \dots\dots\dots(11.3)$$

Якщо концентрація забруднювача *CHBC* більша або менша, ніж стандартні значення *Cс*, рівень відхилення цього забруднювача від стандартного значення здійснюється за виразом:

$$E_i = \frac{(C_{HBC})_i}{C_{c_i}} - 1 \quad (11.4)$$

Після цього підраховується середня сума концентрацій як відношення суми всіх відхилень забруднювачів від стандартних значень до загальної кількості тестів, що не відповідають стандартам:

$$\sum C = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{T_{HBC}} \quad (11.5)$$

Звідси можна визначити параметр **F3**, що характеризує кількість (амплітуду) тестів, що не відповідають стандартним значенням:

$$F3 = \frac{C}{0,01C - 0,01} \quad (11.6)$$

Оцінювання рівня забруднення ділянки ґрунту, що досліджується, проводять за шкалою:

**Таблиця 11.1**

**Шкала оцінки забруднення ґрунту**

Рівні забруднення	Значення індексу якості ґрунту SoQI
Дуже низький	90-100
Низький	70-90
Помірний	50-70
Високий	30-50
Дуже високий	0-30

**Приклад.**

Результати аналізу забруднення ґрунту нафтовими вуглеводнями (НВВ) в Канаді (регіон Saskatchewan) наведено у

таблиці. Тут нафтові вуглеводні НВВ складають- ся принаймні з чотирьох фракцій:

$$F1 - C6 - C10; F2 - C10 - C16;$$

$$F3 - C16 - C34; F4 > 34$$

**Таблиця 11.2**

**Аналіз зразків ґрунту, забрудненого нафтовими вуглеводнями (НВВ)**

Параметр	Західна стінка, мг/кг	Дно, мг/кг	Північна стінка, мг/кг	Південна стінка, мг/кг	Стандартні значення
Глибина, м	2,4	5,3	2,4	3,0	–
Бензол	0,8	1,1	0,5	40	5,0
Етилбензол	27	0,8	4,7	82	50
Толуол	100	2,0	0,8	14	30
Ксилени	180	4,5	7,8	220	50
НВВ F1	820	96	140	2840	1000
НВВ F2	130	8,9	21	180	3000
НВВ F3	<5	<5	<5	<5	5000
НВВ F4	<5	<5	<5	<5	10000
Свинець	10	8	8	16	1000

Визначаємо фактор  $F1$ :

$$F1 = \frac{5}{9} 100 = 55,6$$

де:  $5$  – кількість забруднюючих речовин, що не відповідають стандартам (у таблиці це бензол, етилбензол, толуол, ксилени, НВВ  $F1$ );  $9$  – загальна кількість забруднюючих речовин у ґрунті, що досліджується.

$$F 2 = \frac{6}{36} 100 = 16,7$$

Тут **6** – кількість тестів, результати яких не відповідають стандартам (результати цих тестів наведено у таблиці жирним шрифтом); **36** – загальна сума всіх тестів (9 забруднювачів × 4 ділянки ґрунту).

Визначаємо фактор **F 3** :

$$E_1 = \frac{(C_{HBC})_1}{C_{C_1}} - 1 = \frac{40}{5} - 1 = 7$$

$$E_2 = \frac{(C_{HBC})_2}{C_{C_2}} - 1 = \frac{82}{50} - 1 = 0,64$$

$$E_3 = \frac{(C_{HBC})_3}{C_{C_3}} - 1 = \frac{220}{50} - 1 = 3,4$$

$$E_4 = \frac{(C_{HBC})_4}{C_{C_4}} - 1 = \frac{2840}{1000} - 1 = 1,84$$

$$E_5 = \frac{(C_{HBC})_5}{C_{C_5}} - 1 = \frac{100}{30} - 1 = 2,3$$

$$E_6 = \frac{(C_{HBC})_6}{C_{C_6}} - 1 = \frac{180}{50} - 1 = 2,6$$

Звідки:

$$F_3 = \frac{C}{0,01(C)\varepsilon - 0,01} = \frac{2,96}{(2,96 \times 0,01 \times 0,01)} = 74,8$$

Отже, визначаємо за виразом значення індексу якості ґрунту:

$$\begin{aligned} SoQI &= 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} = 100 - \\ &- \frac{\sqrt{55,6^2 + 16,7^2 + 74,8^2}}{1,732} = \\ &= 100 - 56 = 45 \end{aligned}$$

Після проведених розрахунків зробити відповідні висновки, що до величини індексу якості ґрунту.

### ***Визначення ерозійного індексу ґрунту.***

Швидкість краплин дощу досягає 9 м/с; під час падіння вони передають свою кінетичну енергію частинкам ґрунту, руйнуючи ґрунтові агрегати та пересуваючи частинки на відстань до 1 м. Ці частинки можуть транспортуватися на більші відстані водними потоками. Через те, що відстань транспортування залежить від розмірів частинок, відбувається просторове перенесення маси частинок, що супроводжується появою струмків, ярів та загальною зміною рельєфу ґрунту.

### ***Ерозійний індекс опадів***

Добуток кінетичної енергії дощових краплин та інтенсивності дощу за 30- хвилинний проміжок часу називається ***ерозійним індексом опадів***:

$$R = 0,01E_k I_{30} = 0,01 \times 21 \text{ Дж.} / \text{м}^2 \times \text{мм} \times \\ \times 1 \text{ мм} / \text{хв} \times 30 \text{ хв} = 6,3 \text{ Дж} / \text{м}^2$$

Цей індекс вимірюється в одиницях МДж·мм/га·год·рік, і отже варіює від 0- 1700 до 8500 МДж·мм/га·год·рік. В Україні типові значення інтенсивності дощу варіюють від 1 мм/хв для дрібного дощу до 9-12 мм/хв для зливи.

**Універсальне рівняння втрат ґрунту.** Універсальне рівняння втрат ґрунту (*Revised Universal Soil Loss Equation* **RUSLE**) має вигляд:

$$A = 2,24 \times R \times K \times LS \times C \times P \quad (11.7)$$

де **R** – ерозійний індекс опадів; **K** – фактор ерозійності ґрунту; **LS** – топографічний фактор; **C** – фактор покриття; **P** – фактор контролю за ерозією. Тут **A** вимірюється у т/га.

Добуток кінетичної енергії дощових краплин та інтенсивності дощу за 30- хвилинний проміжок часу називається **ерозійним індексом опадів**. Цей показник умовно враховує кінетичну енергію дощів за певний період максимальної інтенсивності їх випадання:

$$R = 0,01E_k I_{30} \quad (11.8)$$

Цей індекс вимірюється в одиницях МДж·мм/га·год·рік. Величина ерозійного індексу опадів варіює від 0-1700 до 8500 МДж·мм/га·год·рік.

Розглянемо універсальне рівняння, що описує втрати ґрунту за рахунок водної ерозії та фактори, що впливають на цю ерозію.

### ***Ерозійний фактор ґрунту $K$***

Далі визначають ерозійний фактор ґрунту  $K$ , який характеризує здатність частинок ґрунту бути виштовхнутими з маси ґрунту. Він залежить від текстури ґрунту, проникності ґрунту та його здатності поглинати воду.

***Таблиця 11.3***

#### ***Ерозійний фактор ґрунту***

Текстура	Вміст органічної речовини		
	<0,5 %	2 %	4 %
Пісок	0,05	0,03	0,02
Суглинок	0,38	0,34	0,29
Мулуватий суглинок	0,48	0,42	0,38
Мул	0,60	0,52	0,43
Глина	0,13-0,29	0,13-0,29	0,13-0,29

Одиниця вимірювання ерозійного фактору ґрунту  $K$  – т·га·г/га·МДж·мм. Числові значення, які може приймати індекс  $K$ , варіюють від 1 (ґрунт легко піддається еродованості) до 0,01 (дуже стійкий до ерозії ґрунт).

### ***Топографічний фактор $LS$***

Цей фактор безрозмірний. Він характеризує вплив довжини ґрунтової ділянки та крутизни її нахилу, яка впливає на швидкість руху води.

***Таблиця 11.4***

#### ***Топографічний фактор ґрунту***

	Довжина ґрунтової ділянки, м			
Нахил, %	7,6	22,9	46,7	91,4
1	0,09	0,12	0,15	0,18
5	0,27	0,46	0,66	0,93
12	0,90	1,6	2,2	3,1
30	4,0	6,9	9,7	14,0

Фактор градієнту нахилу  $S$  являє відношення втрат ґрунту, який оцінюється, на ділянці довжиною 22,1 м, порівняно з такою ж ділянкою, що має нахил 9 %. Нахил може вимірюватися у градусах або відсотках:

$$\theta = \arctg(S / 100); S = 100 \operatorname{tg} \theta .$$

Наприклад:  $\theta = 450; S = 100\%$ .

**Фактор покриву та менеджменту  $C$ .** Покриви різної природи зберігають ґрунт. Варіює цей фактор від 0,001 для добре захищеного ґрунту до 1 для голого ґрунту. Цей фактор регулюється людиною.

*Таблиця 11.5*

**Фактор покриву ґрунту**

Вегетаційні умови	Фактор покриву та менеджменту $C$
Бавовна, 80 % покрив	0,60
Кукурудза, мульчування, 40 % покрив	0,21
Кукурудза, мульчування, 90 % покрив	0,05
Неторканий ліс, 90-100 % підстилка	0,001-0,0001
Пасовище, 95 % трав'яний покрив	0,003

**Фактор, що враховує контроль ерозії  $P$**

*Таблиця 11.6*

**Фактор контролю ерозії**

Нахил, %	Максимальна довжина контуру, м	Фактор $P$
1-2	122	0,60
3-5	91,4	0,50
6-8	61,0	0,50
9-12	36,6	0,60
13-16	24,4	0,70
21-25	15,2	0,90



Отже, універсальне рівняння втрат ґрунту (Universal Soil Loss Equation) має вигляд:

$$A = 2,24R \times K \times LS \times C \times P \quad (11.9)$$

де  $A$  вимірюється у т/га.

Запобігти водну ерозію можна за допомогою спеціальних заходів щодо захисту ґрунту та контролю за протіканням ерозії. Наприклад, вважається доцільним не залишати голою ріллю, а покривати ґрунт залишками врожаю.

**Приклад:**

Підрахувати щорічні втрати ґрунту завдяки водній ерозії за допомогою RUSLE за такими даними:

$$\begin{aligned} R &= 1275 \text{ МДж} \times \text{мм} / \text{га} \times \text{год} \times \text{рік} \\ K &= 0,24 \text{ т} \times \text{га} \times \text{год} \times / \text{га} \times \text{МДж} \times \text{мм} \\ LS &= 2,89 \\ C &= 1,0 \\ P &= 1,0 \end{aligned} \quad (11.11)$$

$$A = ?$$

**Розв'язок:**

$$\begin{aligned} A &= 2,24R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P = \\ &= 1275 \text{ МДж} \times \text{мм} / \text{га} \times \text{год} \times \\ &\times \text{рік} \times 0,24 \text{ т} \times \text{га} \times \text{год} \times / \text{га} \times \text{МДж} \times \text{мм} \times 2,89 \times \\ &\times 1 \times 1 = 884 \text{ т} / \text{га} \times \text{рік}. \end{aligned}$$

**Завдання для самостійної роботи:**

1. Назвати основні компоненти ґрунту.
2. Дати визначення якості ґрунту.
3. Охарактеризувати показники якості ґрунту.
4. Назвати фізичні показники якості ґрунту.
5. Які показники якості ґрунту відносяться до хімічних?
6. Які існують типи ерозії ґрунтів?
7. Що таке вітрова ерозія, водна ерозія?
8. Чим пояснюється прискорена ерозія ґрунтів?
9. Проаналізувати наслідки ерозійних процесів.<sup>13</sup>
10. Охарактеризувати рівень ерозійних процесів в Україні.<sup>14</sup>

**Практична робота № 12 Критерії і показники оцінки ерозійних процесів Водна ерозія**

**Мета роботи:** ознайомитись та вивчити показники оцінки ерозійних процесів внаслідок шкідливої дії води.

**Теоретичні відомості**

Кількісна оцінка водної ерозії передбачає дві системи критеріїв оцінки:

1) за фактичною еродованістю ґрунтового покриву; 2) за потенційною небезпекою ерозії при певному рівні ймовірності дії факторів ерозії (світовий досвід організації протиерозійного захисту вказує на те, що достатнім є розрахунок на 10 %-ну забезпеченість. Кількісна інформація про фактичну еродованість має статус офіційної. Вперше системні дані щодо еродованості ґрунтів України одержані після великомасштабного ґрунтового обстеження в 1957-1961 рр. На підставі цих матеріалів колектив

---

<sup>13</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

<sup>14</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

науковців під керівництвом професора К.Л. Холупяка опрацював карту еродованості ґрунтів України. Після організації Державного комітету земельних ресурсів відомості про еродованість ґрунтів в офіційних звітах подаються цією установою. Тобто одержати такі дані можна без істотних ускладнень, але при їх використанні необхідно мати на увазі, що ця інформація може не завжди бути об'єктивною. Еродовані ґрунти північних схилів можуть діагностуватися як повнопрофільні, а короткопрофільні нееродовані ґрунти південних схилів – як еродовані.

Друга вісь – це кількісна оцінка потенційної ерозійної небезпеки. Така оцінка можлива при наявності характеристик природних факторів ерозії. Теоретичною підставою обчислення потенційної ерозійної небезпеки є припущення про те, що єдиною причиною сучасної ерозії є діяльність людини, а природні фактори ерозії (обставини) – лише її передумови.

Норматив проявлення ерозії повинен дорівнювати швидкості ґрунтоутворювального процесу. Тобто є якийсь максимум, вище якого ерозійні втрати в конкретній точці простору і часі бути не можуть. Достатнім рівнем прийнято, як вже згадувалося, вважати 10 %-ну забезпеченість. У такому випадку розрахункове значення потенційного річного змиву ґрунту 10 %-ї забезпеченості є необхідним показником потенційної небезпеки ерозії.

Проте на ґрунтах різної вихідної потужності профілю однакові ерозійні втрати ґрунту приведуть до різних наслідків. Тому кількісний показник ерозійної небезпеки повинен враховувати цей суттєвий аспект. У такому контексті досить інформативним показником щодо потенційної ерозійної небезпеки є індекс збереження ґрунтів (ІЗГ), який визначається зі співвідношення потужності (маси) гумусового горизонту (Н, т/га) та імовірних ерозійних втрат (змив ґрунту 10 %-ї забезпеченості, т/га). Він показує, за скільки років можливо втратити гумусовий горизонт (Н), якщо в середньому кожного року буде ерозія на рівні 10 %-ї забезпеченості. ІЗГ – кількісний

показник ерозійної небезпеки.

Для розрахунку показника небезпеки ерозії можливо запропонувати різні підходи. Усі вони базуються на оцінці міри антропогенного втручання в природні ландшафти. Показниками щодо антропогенного навантаження можуть бути розораність території, співвідношення ерозійно небезпечних (рілля, сади тощо) і сталих (сінокісні, культурні пасовища, цілина, ліс, тощо) агрофонів щодо еродування ґрунтів.

*Завдання для самостійної роботи:*

- 1. Скільки існує критеріїв оцінки наслідків дії вітрової ерозії?*
- 2. Якими даними необхідно володіти, для повної оцінки заподіяної шкоди від водної ерозії?*
- 3. Чому має дорівнювати норматив проявлення ерозії?*
- 4. Що характеризує такий показник як кількісний показник ерозійної небезпеки?*
- 5. Дослідити стан розвитку ерозійних процесів в заданому регіоні.<sup>15</sup>*

***Практична робота № 13. Критерії і показники оцінки ерозійних процесів. Вітрова ерозія***

***Мета роботи:*** оволодіти методиками оцінки критеріїв та показників оцінки наслідків вітрової ерозії.

***Теоретичні відомості***

Розробка науково обґрунтованої стратегії проектування протиерозійно упорядкованих агроландшафтів, які здатні знизити втрати ґрунту від вітрової ерозії до безпечної норми, повинна будуватися на підставі загальної концепції конструювання агроландшафтів з обов'язковим урахуванням кліматичних,

---

<sup>15</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

геологічних і ґрунтових умов природних ландшафтів.

Розрахунки проводилися за середньозваженими величинами основних показників для кожного ґрунтового виділу на карті ґрунтів України масштабу 1:750000. Показниками схильності ґрунтів до вітрової ерозії є грудкуватість поверхневого шару ґрунту, %; вміст ґрунтових часток більше 1 мм в діаметрі та коефіцієнт руйнування агрегатів ( $K_s$ ), який визначається за величиною зв'язності останніх ( $S$ , %):

$$K_s = \frac{100 - S}{S} \quad (13.1)$$

Паралельно з визначенням грудкуватості і зв'язності у кожній точці описували ґрунтові розрізи, визначали тип ґрунту і його основні фізичні, фізико-хімічні і хімічні властивості. Використання цих даних дало змогу виявити залежність коливань зв'язності (коефіцієнт руйнування агрегатів) від властивостей ґрунту (Можейк Г.О., Тимченко Д.О., Бураков, 1981). Для зональних ґрунтів степової зони ця залежність описується рівнянням:

$$S = 47,57 - 4,72 X_1 - 0,314 X_2 + 3,46 X_3 + 0,03 X^2 + 0,42 X_3^2 + 0,12 X_1 X_2 \quad (13.2)$$

де:  $X_1$  – вміст піску (0,05-1,00 мм), %;  $X_2$  – вміст мулу (<0,001 мм), %;  $X_3$  – вміст карбонатів кальцію, %.

Однак ця залежність не діє для лучно-черноземних, лучних, черноземно-лучних піщаних, глинисто-піщаних, середньо- і сильносолонцюватих ґрунтів. Для торфово-болотних ґрунтів і торфовищ чітко виявилася залежність між зв'язністю агрегатів і вмістом вуглецю в трифосфатній витяжці ( $C$ ) при коефіцієнті кореляції  $0,839 \pm 0,23$ :

$$S = 10,42C - 2,33 \quad (13.3)$$

Для мінеральних ґрунтів Полісся залежність зв'язності від гранулометричного складу описується таким рівнянням (коефіцієнт кореляції 0,725, коефіцієнт регресії 0,569) :

$$S = 46,54 + 0,113X_1X_2 - 8,59X_2 + 0,86X_2^2, \quad (13.4)$$

де  $X_1$  – вміст дрібного піску (0,25-0,05 мм), %,  $X_2$  – вміст мулу (<0,001 мм), %. Майже з тією ж точністю встановлюється залежність зв'язності від вмісту елементарних ґрунтових часток – ЕГЧ (коефіцієнт кореляції – 0,732, регресії – 0,536):

$$S = 58,81 - 0,8 * EGЧ \quad (13.5)$$

Для лісостепової зони залежність коефіцієнта руйнування від основних показників ґрунтів виглядає так:

$$\begin{aligned} Ks = & 3,49 \times 10^{-2} + 0,345X_6X_8 - 9,53 \times 10X^{-2}Y_3^2 - \\ & - 1,96 \times 10^{-4} - X_8^2 + 1,026X_7 + \\ & + 5,28X_6X_7 + 8,13Y_3X_6 - 1,302Y_3X_7, \end{aligned} \quad (13.6)$$

при  $R = 0,736$ ;  $R_2 = 0,541$ ;  $F = 3,547$ , де  $X_6$  – вміст лабільного гумусу;  $X_7$  – вміст  $CO_2$  карбонатів;  $X_8$  – вміст ЕГЧ;  $Y_3$  – коефіцієнт агрегованості. Залежність грудкуватості від ЕГЧ така:

$$Ks = 0,3706 + 1,585 \times 10^{-2} X_8 - 1,005 \times 10^{-4} X_8^2, \quad (13.7)$$

при  $R = 0,54$ ;  $R_2 = 0,296$ ;  $F = 5,379$ .

Величини грудкуватості у вітро-ерозійний період для поліських і лісостепових ґрунтів визначались безпосередньо при ґрунтових обстеженнях, а для степової зони - за залежністю грудкуватості весною від її величини восени за формулою:

$$K_{вес.} = 0,001(aK_{вес} - bK_{вос}^2), \quad (13.8)$$

де:  $K_{вес}$  – грудкуватість у ерозійно небезпечний весняний період, %;  $K_{вос}$  – грудкуватість восени попереднього року, %  
 $a, b$  – коефіцієнти, які залежать від конкретних умов (ґрунт, попередня культура, агрофон).

Таким чином, за допомогою перелічених параметрів проведено районування України за інтенсивністю вітрової ерозії для основних ґрунтів на основі моделі вітрової ерозії, яка має такий вигляд:

$$E_p = \frac{10^{a-bk} \times 0,1 K_s V_{max}^3 \times t}{V_{aep}^3} \quad (13.9)$$

де  $E_p$  – потенційно можливі втрати ґрунту, т/га за рік;  $a, b$  – коефіцієнти, які залежать від генезису, гранулометричного складу, фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунту;  $k$  – грудкуватість поверхневого шару ґрунту, %;  $K_s$  – коефіцієнт руйнування агрегатів;  $t$  – кількість годин з проявленням вітрової ерозії за рік;  $V_{max}$  – середня максимальна швидкість вітру конкретного району, м/с;  $V_{aep}$  – базова швидкість вітрового потоку в аеродинамічній трубці, м/с; 0,1 – перерахування з г/м<sup>2</sup> за хвилину на т/га в рік.

Таблиця 13.1

**Інтенсивність вітрової ерозії для основних типів ґрунтів рівнинної території України**

Ґрунти	Норма ерозії, т/га за рік	Класи інтенсивності ерозії(перебільшення норми ерозії, рази)					
		1	2	3	4	5	6
		відсутня	слабка	середня	сильна	дуже сильна	катастро фічна
1	2	3	4	5	6	7	8
Дерново-підзолисті, дернові і оглєсні, їх види, піщані і супіщані	1,5	1-1,5	1,5-15	15-45	45-150	150-450	>450
Опідзолєні ґрунти, оглєсні і реградовані їх види	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 целесових породах	2,5	1-2,5	2,5-25	25-75	75-250	250-750	>750
Темно-каштанові, каштанові солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті, оглєсні солонцюваті і осолоділі ґрунти подів, солонці і солончаки	2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600
Чорноземи і дернові щєбенюваті ґрунти на сльовій щільних некарбонатних 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 і торфовища	2,0	1-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600



**Завдання для самостійної роботи:**

- 1. Назвіть основні групи критеріїв кількісної оцінки водної ерозії?**
- 2. Класифікація ґрунтів за коефіцієнтом еродованості.**
- 3. Що є теоретичною підставою обчислення потенційної ерозійної небезпеки?**
- 4. Які існують перевищення потенційно-можливих втрат ґрунту від вітрової ерозії над багаторічною нормою ерозії?**
- 5. Як впливає наявність переносу пилу під час пилових бур з інших регіонів?**
- 6. Охарактеризуйте схильність до інтенсивних і частих посух, які обумовлюють процеси опустелювання.<sup>16</sup>**

**Список використаних джерел**

1. Медведєв В. В. Моніторинг почв України. Концепція. Итоги. Задачи. Харьков : КП «Городская типография», 2012. 536 с.
2. Моніторинг довкілля : підручник / В. М. Боголюбов, М. О. Клименко, В. Б. Мокін та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова; 2-е вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2010. 232 с.
3. Моніторинг довкілля : підручник /[А. К. Запольський, А. П. Войцицький, І. А. Пількевич та ін. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006». Том 1. 408 с.
4. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології : підручник. Київ : 2012. 426 с.
5. Веремеєнко С. І., Трушева С. С. Моніторинг ґрунтів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 227 с.
6. Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., Пліско І. В. Агрономічно орієнтоване районування земель за властивостями ґрунтів (обґрунтування, методи, приклади). Харків : КП «Міська друкарня», 2012. 100 с.

---

<sup>16</sup> Дослідницьке завдання для ОНП

7. Мошинський В. С., Бухальська В. С. Моніторинг та охорона земель : практикум. Рівне : НУВГП, 2010. 123 с.
8. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / за ред. В. П. Патики, О. Г. Тараріко. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.
9. Посудін Ю. І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. К. : Світ, 2003. 286 с.
10. Посудін Ю. І. Практикум з методів вимірювання параметрів навколишнього середовища. К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2007. 226 с.
11. Посудін Ю. І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища. К. : 2011. 296 с.
12. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електронний ресурс] : Екологічний моніторинг. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoring/> (дата звернення: 25.09.2023).
13. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] Статистична інформація. Навколишнє середовище. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 26.09.2023).

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
<b>Загальна інформація про освітню компоненту та систем оцінювання досягнень здобувачів освіти рівня магістр</b> .....	5
<b>Практична робота № 1:</b> Оцінка деградації ґрунтів.....	7
<b>Практична робота № 2</b> Відбір проб ґрунтових зразків.....	16
<b>Практична робота № 3</b> Засоби еко-аналітичного контролю ґрунтів. Класифікація приладів, методів і засобів дослідження ґрунтів.....	23
<b>Практична робота 4</b> Характеристика ґрунтів та їх забруднень.....	30
<b>Практична робота № 5</b> Прогнозування гумусового стану ґрунтів на основі балансових розрахунків.....	44
<b>Практична робота № 6</b> Організація спостережень на спостережних майданчиках .....	49
<b>Практична робота № 7</b> Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів пестицидами.....	54
<b>Практична робота № 8</b> Організація спостережень і контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами.....	58
<b>Практична робота № 9</b> Картографування забруднення ґрунтів важкими металами.....	62
<b>Практична робота № 10</b> Показники (індикатори) якості ґрунту.....	68
<b>Практична робота № 11.</b> Моніторинг якості ґрунту. Визначення індексу якості ґрунтів.....	72
<b>Практична робота № 12</b> Критерії і показники оцінки ерозійних процесів Водна ерозія.....	82
<b>Практична робота № 13.</b> Критерії і показники оцінки ерозійних процесів. Вітрова ерозія.....	84
<b>Список використаних джерел</b> .....	89