

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ
«ОСНОВИ ГЕОХІМІЇ ТА ГРУНТОЗНАВСТВО»
(РОЗДІЛ «ГРУНТОЗНАВСТВО»)**

**Спеціальність 103 «Науки про Землю»
193 «Геодезія та землеустрій»**

ОДЕСА – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ГЕОХІМІЇ ТА
ГРУНТОЗНАВСТВО»(РОЗДІЛ «ГРУНТОЗНАВСТВО»)
для студентів 2-го року денної та заочної форм навчання
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
193 «Геодезія та землеустрій»**

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
103«Науки про Землю»
Протокол № 1 від 31.08 2020 р.

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»
Протокол № 2 від 22.09 2020 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни ”Основи геохімії та ґрунтознавство” (Розділ «Ґрунтознавство») для студентів 2-го року денної та заочної форм навчання / Укладач: Барсукова О.А., Колосовська В.В. Одеса, ОДЕКУ, 2020. 38 с.

ЗМІСТ

Загальні положення	5
Лабораторна робота № 1 за темою: «ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ВОДИ В ҐРУНТІ. ГІГРОСКОПІЧНА ВОЛОГІСТЬ».....	7
Лабораторна робота № 2 за темою «ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ. АГРЕКАТНИЙ АНАЛІЗ ЗА МЕТОДОМ М.І. САВВІНОВА»	10
Лабораторна робота № 3 за темою «ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ».....	15
Лабораторна робота № 4 за темою « ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГУМУСУ У ҐРУНТІ ЗА МЕТОДИКОЮ І.В. ТЮРІНА В МОДИФІКАЦІЇ В.Н. СИМАКОВА».....	21
Лабораторна робота № 5 за темою «ВИЗНАЧЕННЯ СУМИ ОБМІННИХ ОСНОВ, ГІДРОЛІТИЧНОЇ КИСЛОТНОСТІ ТА СТУПЕНЮ НАСИЧЕНОСТІ ҐРУНТУ ОСНОВАМИ»	25
Лабораторна робота № 6 за темою «ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНО-ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ».....	29
Список рекомендованої літератури.....	36

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета та задачі. При вивченні дисципліни "Основи геохімії та ґрунтознавство" Розділ «Ґрунтознавство» бакалаври спеціальності 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій» повинні отримати вміння та знання, які дають можливість отримати їм систему знань щодо умов походження, будови, складу, властивостей, географічного розповсюдження, формування і розвитку головної властивості ґрунту - родючості і шляхах найбільш раціонального його використання, а також здатність здійснювати контроль за використанням та охороною земель.

Метою методичних вказівок є закріплення бакалаврами знань, отриманих при вивченні теоретичних розділів дисципліни "Основи геохімії та ґрунтознавство" Розділ «Ґрунтознавство».

Задача методичних вказівок - набуття практичних навичок давати повну уяву хімічного складу мінеральної та органічної частини ґрунту, водно-фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунту; о характеристиках основних типів ґрунтів України, та їх географії, найважливіших питань з охорони ґрунтів.

У результаті виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи геохімії та ґрунтознавство" Розділ «Ґрунтознавство» бакалаври повинні:

Знати:

- що вивчає ґрунтознавство та значення цієї дисципліни для бакалаврів з Наук про Землю та бакалаврів з Геодезії та землеустрою за спеціалізацією «Землеустрій та кадастр»;

- мати поняття про ґрунтоутворні породи та з діяльністю яких факторів пов'язане походження кожної групи порід;

- класифікацію порід та ґрунтів за гранулометричним складом.

- який вплив на властивості ґрунтів має їх гранулометричний склад;

- як з материнської породи утворюється ґрунт і які ознаки та властивості йому притаманні;

- склад органічної частини ґрунту;

- умови утворення гумусу та його якісний склад в різних ґрунтах;

- екологічну роль гумусу;

- вбирну здатність ґрунту та її види;

- кислотність та лужність ґрунтів, засоби її усунення;

- фізичні властивості ґрунтів, від чого вони залежать;

- водні, теплові, повітряні властивості та режими ґрунтів;

- умови формування, склад та властивості найбільш розповсюджених на Україні типів ґрунтів;

- причини виникнення ерозії ґрунтів, її види та заходи боротьби з нею;

- причини забруднення ґрунтів важкими металами, агрохімікатами та продуктами техногенезу;

Вміти:

- визначити гранулометричний склад ґрунту польовими та лабораторними методами;
- визначити вміст гумусу у ґрунті;
- характеризувати різні типи ґрунтів на основі складу та суми увібраних катіонів;
- визначити суму обмінних основ, гідролітична кислотність та ступеню насиченості ґрунтів основами;
- у польових та лабораторних умовах визначати фізичні, водно-фізичні властивості ґрунтів;
- розробляти заходи щодо охорони ґрунтового покриву;
- організовувати захист земель, консервацію деградованих земель;

Для успішного виконання практичних завдань необхідні знання та вміння з таких дисциплін як “Вища математика”, “Загальна хімія”, «Геологія з основами геоморфології», “Фізика”, «Основи геодезії».

Лабораторні роботи складаються з двох змістовних модулів і оцінюються у відповідності з силлабусом з елементами модульного контролю з дисципліни „Основи геохімії та ґрунтознавство”.

Для виконання практичних завдань студентам надаються вихідні дані, які наводяться в додатках.

Програма лабораторних робіт з дисципліни складається з:

ЗМ-П1 –

1. Визначення форм води в ґрунті. Визначення гігроскопічної вологості ґрунту.
2. Визначення структури ґрунту. Агрегатний аналіз за методом М.І. Саввінова.
3. Визначення загальних фізичних властивостей ґрунту (щільності твердої фази, об'ємної маси та пористості) (20 балів);

ЗМ-П2 –

4. Визначення вмісту гумусу у ґрунті за методикою І.В. Тюріна в модифікації В.Н. Симакова.

5. Визначення суми обмінних основ, гідролітичної кислотності та ступеню насиченості ґрунту основами.

6. Визначення водно-фізичних властивостей ґрунту (вологоемності, водопроникності та водопідйомності) (20 балів).

Об'єкти дослідження назначає викладач індивідуально кожному бакалавру.

Лабораторна робота № 1

за темою: «ВИЗНАЧЕННЯ ФОРМ ВОДИ В ҐРУНТІ. ГІГРОСКОПІЧНА ВОЛОГІСТЬ»

Показник, що характеризує вміст у ґрунті вологи в даний момент, називається *вологістю* ґрунту. Для більшості аналізів у лабораторії ґрунт просушують до повітряно-сухого стану. Такий ґрунт завжди містить деяку кількість вологи, яка називається гігроскопічною. Це зв'язано з тим, що ґрунт має здатність адсорбувати пароподібну вологу з повітря і міцно утримувати її на поверхні своїх часток.

Найбільшу кількість гігроскопічної вологи ґрунт містить при повному насиченні повітря водяною парою. Ця кількість гігроскопічної вологи називається *максимальною гігроскопічною вологістю*.

Гігроскопічна і максимальна гігроскопічна вологість виражаються у відсотках від маси сухого ґрунту. Величина гігроскопічної вологості використовується в аналітичній практиці для обчислення сухої маси ґрунту, чи коефіцієнта перерахування результатів аналізу повітряно-сухого ґрунту на сухий.

Знання величини максимальної гігроскопічної вологості дозволяє обчислити вологість в'янення рослин і підрахувати запаси доступної (продуктивної) і недоступної вологи в ґрунті. Залежно від властивостей ґрунтів, виду рослин відношення вологості в'янення (ВЗ) до максимальної гігроскопічної (МГ) складає 1,2 – 2,5 (коефіцієнт в'янення). У середньому при обчисленні вологості в'янення коефіцієнт в'янення приймається рівним 1,5 (за М. А. Качинським). Звідси $VZ=1,5 \text{ МГ}$.

1.1 Визначення гігроскопічної вологості

Скляний стаканчик із притертою кришкою (бюкс) просушують до постійної маси в сушильній шафі при температурі $100 - 105^{\circ}\text{C}$, прохолоджують у ексикаторі із CaCl_2 на дні і зважують на аналітичних терезах. У цьому стаканчику відважують на аналітичних терезах 5 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм.

Ґрунт у стаканчику (кришку відкрити) сушать у сушильній шафі 5 годин, після чого стаканчик закривають кришкою, охолоджують у ексикаторі із CaCl_2 на дні і зважують. Потім просушують знову протягом 2 годин. Якщо маса стаканчика з ґрунтом після другого сушіння залишилася постійною, то просушування закінчують. Допустима розбіжність у масі не повинна перевищувати 0,003 г.

Гігроскопічну вологість (W) обчислюють за формулою:

$$W = \frac{b-c}{c-a} \cdot 100 \quad (1.1)$$

де a – маса порожнього стаканчику, г;

b – маса стаканчику з ґрунтом після насичення, г;

c – маса стаканчику з ґрунтом після висушування, г.

Коефіцієнт перерахування результатів аналізу повітряно-сухого ґрунту на сухий обчислюють за формулою:

$$K_{H_2O} = \frac{100 + W}{100} \quad (1.2)$$

де W – гігроскопічна вологість, %.

1.2 Визначення максимальної гігроскопічної вологості методом А. В. Ніколаєва

У висушений і зважений на аналітичних терезах скляний стаканчик (діаметром близько 5 см і висотою 3 см) відважують 10 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами 1 мм.

Відкриті стаканчики з ґрунтом (визначення ведуть у дворазовій повторності) ставлять у ексикатор, на дно якого наливають насичений розчин сірчаноокислого калію* (* Для приготування 100 мл розчину потрібно 11—15 г K_2SO_4 . Насичений розчин цієї солі створює відносну вологість повітря в ексикаторі 98—99%). Ексикатор щільно закривають кришкою і ставлять у темне місце з можливо меншими коливаннями температури.

Через 3 – 4 дні стаканчики виймають з ексикатора, закривають кришками, зважують і знову ставлять у ексикатор.

Наступні зважування проводять через кожні 2—3 дні доти, поки два останніх зважування будуть відрізнятися не більше, ніж на тисячні частки грама.

По досягненні максимального насичення ґрунту пароподібною вологою стаканчики з ґрунтом сушать у сушильній шафі при температурі 100—105° С до постійної маси.

Максимальну гігроскопічну вологість ґрунту обчислюють за формулою 1.1.

1.3 Методи вивчення фізичних властивостей ґрунту. Визначення польової вологості ґрунту ваговим методом

У полі проби для визначення вологості ґрунту беруть буром з шпари чи ножом зі стінки розрізу. Зразки відбирають з окремих горизонтів ґрунту. З

орного беруть одну пробу на всю потужність горизонтів (наприклад, 0 – 20 см) чи декілька проб з різних його шарів (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 см). З інших горизонтів проби ґрунту для визначення вологості беруть через 10 см (якщо горизонт ґрунту меншої потужності, то на всю його глибину) чи більше. Якщо треба взяти одну пробу з великого за потужністю горизонту (50 см), то її відбирають із середини його чи по декілька грамів із середньої, верхньої і нижньої частин.

Алюмінієвий стаканчик зважують на технохімічних терезах з точністю до 0.01 г. Наповнюють $\frac{1}{3}$ частини його ґрунтом, закривають кришкою і знов зважують на технохімічних терезах. Потім ставлять у сушильну шафу при температурі 100—105°C і сушать до постійної маси. Кришку треба зняти і поставити під стаканчик. Після просушування закритий стаканчик охолоджують в ексикаторі із CaCl_2 на дні і зважують.

Польову вологість ґрунту розраховують по формулі:

$$A = \frac{a \cdot 100}{b} \% \quad (1.3)$$

де А - польова вологість (%);

а - маса вологи, що випарувалась,(г);

б - маса сухого ґрунту (г).

Коефіцієнт перерахування результатів аналізу вологого ґрунту на сухий обчислюють за формулою

$$K = \frac{100+A}{100} \quad (1.4)$$

Для обчислення маси сухого ґрунту (m_c) по масі вологого ґрунту (m_b) і вологості (А) використовується формула:

$$m_c = \frac{m_b \cdot 100}{100+A} \quad (1.5)$$

Порядок виконання роботи:

1. Визначити гігроскопічну вологість (W) за формулою (1.1).
2. Визначити коефіцієнт перерахування результатів аналізу повітряно-сухого ґрунту на сухий ($K_{\text{H}_2\text{O}}$) за формулою (1.2).
3. Зробивши всі розрахунки, дати висновок.

Запитання для самоперевірки

1. Що називають вологістю ґрунту?
2. Як розраховують гігроскопічну вологість?
3. Як визначають коефіцієнт перерахування результатів аналізу повітряно-сухого ґрунту на сухий?

4. Як обчислюють максимальну гігроскопічну вологість ґрунту?
5. За якою формулою розраховують польову вологість ґрунту?
6. При якій температурі сушать у сушильній шафі стаканчики з ґрунтом?
7. З яких горизонтів відбирають зразки з ґрунтом?
8. Що називають повною вологоємністю?

Лабораторна робота № 2

за темою «ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ. АГРЕГАТНИЙ АНАЛІЗ ЗА МЕТОДОМ М.І. САВВІНОВА»

2.1 Механічний склад ґрунту

Тверда фаза ґрунту складається з часток різної величини, що називаються механічними елементами чи гранулами.

У таблиці 2.1 наводиться класифікація механічних елементів ґрунту М. А. Качинського.

Таблиця 2.1 – Класифікація механічних елементів ґрунту за величиною

Назва механічних елементів	Розмір механічних елементів (у мм)
Камені	Більше 3
Гравій	3—1
Пісок крупний	1—0,5
» середній	0,5—0,25
» дрібний	0,25—0,05
Пил крупний	0,05—0,01
» середній	0,01—0,005
» дрібний	0,005—0,001
Мул грубий	0,001—0,0005
» тонкий	0,0005—0,0001
Колоїди	Менше 0,0001

Суму всіх механічних елементів ґрунту розміром менше 0,01 мм називають фізичною глиною, а більше 0,01 мм – фізичним піском. Крім того, виділяють мілкозем, до якого входять частки менше 1 мм, а також ґрунтовий кістяк - частки більше 1 мм.

Окремі групи механічних елементів по-різному впливають на властивості ґрунту. Це пояснюється неоднаковим їх мінералогічним і хімічним складом і різними фізичними і фізико-хімічними властивостями.

Відносний вміст у ґрунті чи породі механічних елементів називається механічним складом, а кількісне визначення їх — механічним аналізом.

2.2 Класифікація ґрунтів за механічним складом

Усі ґрунти і породи за механічним складом можна об'єднати в декілька груп з характерними для них фізичними і хімічними властивостями.

Одну з перших наукових класифікацій ґрунтів за механічним складом дав проф. Н. М. Сібірцев. Вона заснована на співвідношенні фізичної глини до фізичного піску.

В даний час широко поширена класифікація проф. М. А. Качинського. У цій класифікації (табл. 2.1), крім підрозділів ґрунтів у залежності від вмісту фізичної глини і фізичного піску, введене поняття переважних фракцій. Таких фракцій виділено п'ять; гравелиста (3–1 мм), піщана (1–0,05 мм), крупнопиловата (0,05–0,01 мм), пиловата (0,01–0,001 мм) і мулиста (< 0,001 мм).

У залежності від того, яка фракція переважає, до основного найменування ґрунту, зазначеного в таблиці 1.2, додають назву цієї фракції. Наприклад, дерново-підзолистий ґрунт містить фізичної глини 28,1%, піску (1–0,05 мм) 37,0, крупного пилу 34,9, середнього і дрібного пилу 16,0 і мулу 12,1 %.

Таблиця 2.2 – Класифікація ґрунтів за механічним складом

Назва ґрунту	Зміст фізичної глини (часток <0,01 мм) (у %)			Зміст фізичного піску (часток >0,01 мм) (у %)		
	ґрунти:					
	Підзоли- того типу ґрунто- утворення (не насичені основами)	степового типу ґрунто- утворення (червоно- земи і жовтоземи)	солонці і сильно солонцю ваті	підзолист ого типу ґрунтоутв орення (не насичені основами)	степовог о типу ґрунтоутв орення (червоно- земи і жовтозем и)	солонці і сильно солонцю ваті
Пісок:						
– пухкий	0–5	0–5	0–5	100–95	100–95	100–95
– зв'язний	5–10	5–10	5–10	95–90	95–90	95–90
Супісь	10–20	10–20	10–15	90–80	90–80	90–85
Суглинок:						
– легкий	20–30	20–30	15–20	80–70	80–70	85–80
– середній	30–40	30–45	20–30	70–60	70–55	80–70
– важкий	40–50	45–60	30–40	60–50	55–40	70–60
Глина:						
– легка	50–65	60–75	40–50	50–35	40–25	60–50
– середня	65–80	75–85	50–65	35–20	25–15	50–35
– важка	>80	>85	>65	<20	<15	<35

У цьому ґрунті першою переважаючою фракцією буде пісок, на

другому місці-крупний пил, на третьому дрібний пил і мул. Цей ґрунт за механічним складом повинен називатися суглинком легким крупнопиловато-піщаним.

При орієнтованому і більш короткому визначенні механічного складу звичайно виділяється одна будь-яка фракція. Так, усі категорії суглинків підрозділяють на пиловаті і піщані, в залежності від переваг фракцій піску (1–0,05 мм) чи великого пилу (0,05—0,01 мм). Супісі поділяють на пиловаті, піщані і гравелісті, на грубозернисті, середньозернисті і дрібнозернисті.

Ступінь кам'янисті ґрунту залежить від змісту механічних елементів розміром більше 3 мм (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Класифікація ґрунтів за кам'янистістю

Зміст часток >3 мм (у % маси ґрунту)	Ступінь кам'янистості ґрунту	Тип кам'янистості
<0,5	Некам'яниста	Встановлюється за характером кістякової частини
0,5—5,0	Слабокам'яниста	Ґрунти можуть бути валунні, галечникові, щебенчасті
5,0—10,0	Середньокам'яниста	
>10,0	Сильнокам'яниста	

2.3 Структура ґрунту

Під структурою ґрунту розуміють сукупність агрегатів або структурних окремоостей різної величини, форми, пористості, механічної міцності і водотривкості.

Агрегати діаметром більш ніж 0,25 мм називають макроагрегатами, дрібніше 0,25 мм – мікроагрегатами.

Агрономічно кошовною є грудкувато-зерниста структура з розміром агрегатів від 0,25 до 10 мм, яким притаманні пористість і водотривкість. Така структура обумовлює найбільш сприятливий водно-повітряний режим ґрунту. Водотривкими називаються агрегати, які протистоять дії води, що розмиває.

2.4 Агрегатний аналіз методом М.І.Саввінова

У задачу агрегатного аналізу входить: 1) визначення вмісту агрегатів того або іншого розміру в межах 0,25 – 10 мм; 2) виявлення кількості водостійких структурних окремоостей.

Кількість агрегатів визначеного розміру знаходять методом «сухого» агрегатного аналізу, а водотривких агрегатів – методом «мокрого» агрегатного аналізу.

Метод «сухого» агрегатного аналізу. Зі зразка нерозтертого повітряно-сухого ґрунту беруть середню пробу 0,5-2,5 кг. Обережно вибирають корені, гальку й інші включення. Середню пробу просівають через стовпчик сит з діаметром 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. На нижньому ситі повинний бути піддон. Ґрунт просівають невеликими порціями (100-200 г), уникаючи сильних струшувань. Коли сита роз'єднують, кожне з них злегка постукують долонею по ребру, щоб звільнити застряглі агрегати.

Агрегати із сит переносять в окремі порцелянові або алюмінієві чашки. Коли всю середню пробу просіють і розділять на фракції, кожену фракцію зважують на технохімічних терезах і розраховують їх вміст у відсотках від маси повітряно-сухого ґрунту. Результати записують за такою формою (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Результати агрегатного аналізу

Назва ґрунту	Генетичний горизонт. Глибина взяття зразку (см)	Розмір агрегатів (мм) і їх вміст (% від маси повітряно-сухого ґрунту)								
		сухе просіювання								
		>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25

Продовження таблиці 2.4

Назва ґрунту	Генетичний горизонт. Глибина взяття зразку (см)	Розмір агрегатів (мм) і їх вміст (% від маси повітряно-сухого ґрунту)					
		мокре просіювання					
		>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25

Метод «морого» агрегатного аналізу. Наважку ґрунту 50 г складають з відсіяних структурних фракцій. З кожної фракції відважують на технохімічних терезах кількість структурних окремоностей (г), яка дорівнює половині процентного вмісту даної фракції в ґрунті. Фракцію, яка менша 0,25 мм не включають у середню пробу, щоб не забивалися нижні сита при просіюванні ґрунту. Тому наважка завжди буває менше 50 г, тому що в неї не входять мікроагрегати (< 25 мм).

Підготовлюють набір з 5 сит діаметром 20 см, висотою 3 см з отворами (зверху вниз) 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм. Сита скріплюють металевими пластинками і встановлюють у баці з водою так, щоб над бортом верхнього сита знаходився шар води 5 см.

Наважку висипають у літровий циліндр і насичують водою, що доливають обережно по стінках циліндра, щоб витиснути з ґрунту повітря, не зацимлюючи його (затиснене повітря руйнує агрегати). Зволожений ґрунт залишають на 10 хвилин у спокої, після чого циліндр доливають водою

доверху. Для повного видалення повітря циліндр закривають годинниковим склом, нахиляють до горизонтального положення і ставлять вертикально. Коли повітря буде вилучено, циліндр закривають пробкою, стежачи, щоб під нею не залишилося повітря, і швидко перевертають нагору дном. Тримають у такому положенні, поки основна маса агрегатів не упаде вниз. Потім циліндр перевертають і чекають, коли ґрунт досягне дна. Так повторюють 10 разів, щоб зруйнувати всі неміцні агрегати.

При останньому обороті залишають циліндр дном догори, переносять до набору сит і занурюють у воду над верхнім ситом. Під водою відкривають пробку циліндра і, не відриваючись від води, плавними рухами розподіляють ґрунт на поверхні верхнього сита.

Через хвилину, коли всі агрегати $>0,25$ мм упадуть на сито, циліндр закривають пробкою під водою, виймають з води і відставляють.

Ґрунт, що перейшов на сито, просівають під водою таким способом: набір сит піднімають у воді, не оголюючи агрегатів, що залишилися, на верхньому ситі, і швидким рухом опускають униз. У цьому положенні тримають 2—3 секунди, щоб встигли просіятися агрегати, потім повільно піднімають нагору і швидко опускають вниз. Сита струшують 10 разів, потім виймають з бака два верхніх сита, а нижні струшують ще 5 разів. Агрегати, що залишилися на ситах, змивають струмом води у великі порцелянові чашки. Надлишок води в чашках зливають. З великих чашок агрегати змивають у заздалегідь зважені маленькі чашечки, потім висушують на водяній лазні до повітряно-сухого стану і зважують.

Маса фракцій, помножена на 2, дає процентний вміст водотривких агрегатів того чи іншого розміру. Відсоток агрегатів $<0,25$ мм визначають виходом з 100 суми відсотків отриманих фракцій.

За результатами агрегатного аналізу обчислюють коефіцієнт структурності (K), під яким розуміється відношення кількості агрегатів від 0,25 до 10 мм (%) до сумарного вмісту агрегатів $<0,25$ і >10 мм (%). Чим більше величина K , тим краще структура ґрунту.

По кількості повітряно-сухих і водотривких агрегатів оптимального розміру С. И. Боргів і П. У. Бахтін пропонують наступну шкалу оцінки структурного стану ґрунту (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Оцінка структурного стану ґрунту

Зміст агрегатів 0,25–10мм (% від маси повітряно-сухого ґрунту)		Оцінка структурного стану
сухе просіювання	мокре просіювання	
>80	>70	Відмінно
80—60	70—55	Добре
60—40	55—40	Задовільно
40—20	40—20	Незадовільно
<20	<20	Погано

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи дані, які представлені в таблиці 2.1, провести всі необхідні розрахунки.
2. За формулою (2.1), визначити коефіцієнт структурності:

$$K = a/b \quad (2.1)$$

де а – сума мезоагрігатів

в – сума мікро- та макроагрігатів

3. Дати оцінку структурного стану ґрунту за табл.2.2, використовуючи коефіцієнт структурності.

Запитання для самоперевірки

1. Що називають макроагрегатами?
2. Що називається структурністю та структурою ґрунту?
3. Дати оцінку структурного стану ґрунту.
4. Які види структури зустрічаються у ґрунтах?
5. Від яких факторів залежить утворення водотривкої структури?
6. Як розраховується сума мезоагрегатів?
7. В чому полягає агрономічна роль структури ґрунту?
8. Які причини викликають руйнування структури і які існують прийоми її відновлення?

Лабораторна робота № 3

За темою «ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ»

3.1 Визначення щільності твердої фази ґрунту

Ґрунт як фізичне тіло складається з трьох фаз: твердої, рідкої і газоподібної. Тверда фаза представлена мінеральними й органічними речовинами, рідка — водою з розчиненими в ній сполуками (ґрунтовий розчин), а газоподібна— ґрунтовим повітрям.

Щільністю твердої фази ґрунту називається відношення маси твердої фази ґрунту в сухому стані до маси рівного обсягу води. Величина щільності твердої фази ґрунту залежить від природи вхідних у ґрунт мінералів і від кількості органічної речовини.

У середньому щільність твердої фази в більшості ґрунтів дорівнює 2,50—2,65 і змінюється в залежності від зазначених причин. Чим більше гумусу містить ґрунт, тим менше щільність твердої фази. Так, чорнозем з 10% гумусу має щільність твердої фази близько 2,4, а дерново-підзолистий ґрунт із 2,5% гумусу—2,6. У торфів щільність твердої фази залежить від

ступеня розкладання і зольності торфу і коливається від 1,4 до 1,7. Деякі скелетні ґрунти мають щільність твердої фази $3,0 \text{ г/см}^3$.

Знання щільності твердої фази ґрунту необхідно для обчислення шпаруватості ґрунту. Крім того, величина щільності твердої фази ґрунту дає деяке орієнтування в петрографічному складі вхідних у ґрунт мінералів і вказує на співвідношення мінеральної й органічної частин.

Щільність твердої фази ґрунту визначають пікнометричним методом. Для її обчислення треба знати об'єм і масу твердої фази ґрунту. При пікнометричному методі об'єм твердої фази знаходять шляхом витиснення води взятою наважкою ґрунту.

Хід аналізу. 1. В колбу наливають близько 250 мл дистильованої води, кип'ятять приблизно півгодини для видалення з неї розчиненого повітря і охолоджують до кімнатної температури.

2. Беруть пікнометр (чи мірну колбу) на 100 мл, наливають у нього до мітки прокип'ячену й охолоджену дистильовану воду, вимірюють температуру і зважують на аналітичних терезах.

3. З просіяного через міліметрове сито зразка відважують на аналітичних терезах у скляний стаканчик чи в яку-небудь іншу тару 9—10 г повітряно-сухого ґрунту. Одночасно беруть наважку для визначення гігроскопічної вологи, якщо її не визначали.

4. Зі зваженого пікнометра виливають більше половини об'єму води і всипають у нього наважку ґрунту. Стаканчик, у якому знаходився ґрунт, знову зважують і по різниці між стаканчиком із ґрунтом і порожнім стаканчиком знаходять масу ґрунту, взятого для визначення щільності твердої фази.

5. ґрунт і воду в пікнометрі кип'ятять 30 хвилин для видалення повітря, доливаючи дистильованою водою в міру википання до половини його обсягу.

6. Після кип'ятіння пікнометр із суспензією охолоджують до кімнатної температури і доливають прокип'ячену й охолоджену воду до мітки, витирають зовні фільтрувальним папером і зважують на аналітичних терезах. Потрібно стежити, щоб температура пікнометра з водою і ґрунтом була однаковою з первісною температурою пікнометра з водою.

Щільність твердої фази ґрунту обчислюють за формулою:

$$d = \frac{A}{(B + A) - C} \quad (3.1)$$

де d – щільність твердої фази ґрунту (г/см^3);

A – наважка сухого ґрунту (г) [$A = \frac{a \cdot 100}{100 + W}$, де

a – наважка повітряно-сухого ґрунту (г);

W – гігроскопічна вологість (%);

B – маса пікнометра з водою (г);

C – маса пікнометра з водою і ґрунтом (г).

3.2 Щільність ґрунту

Щільністю ґрунту називають масу сухої одиниці її об'єму в природному стані. При визначенні щільності довідаються масу ґрунту у визначеному об'ємі з усіма порами, що маються в ґрунті. При визначенні ж щільності твердої фази довідаються масу твердої фази ґрунтів, що займає суцільно весь обсяг, без пір. Таким чином, щільність одного і того ж ґрунту завжди буде менше щільності його твердої фази. Щільність характеризує взаємне розташування ґрунтових часток і агрегатів і виражається в грамах на 1 см³. Вона залежить від механічного складу, змісту органічної речовини і структурного стану ґрунту.

Щільність мінеральних ґрунтів коливається від 1,0 до 1,8 г/см³. У верхніх горизонтах чорноземних ґрунтів щільність складає 1,0—1,2; у нижніх—1,3—1,6 г/см³. В ґрунтах з невеликим вмістом гумусу щільність близько 1,3—1,6 г/см³. В нижніх горизонтах ґрунтів вона складає 1,6—1,8 г/см³. Щільність цілинних болотних ґрунтів 0,04—0,08, староорних низинних болотних ґрунтів—0,2—0,3 г/см³.

При тих чи інших аналізах (вміст живильних речовин, визначення вологості ґрунту і т.д.) розрахунки роблять звичайно на 100 г твердої фази ґрунту. Оскільки тверда фаза складає від 70 до 50% обсягу ґрунту, а інша частина приходить на пори (шпари), заповнені водою і повітрям, то розрахунки на 100 г ґрунту не дають уявлення про загальні запаси обумовлених речовин у різних горизонтах ґрунту чи в цілому у всій її товщі. Знання щільності ґрунту дозволяє вираховувати запаси води, поживних речовин в орному чи будь-якому іншому горизонті ґрунту. Таким чином, визначення щільності ґрунту має важливе агрономічне значення.

Від щільності ґрунту залежать водно-повітряні, теплові і біологічні властивості. З ущільненням суглинних і глинистих ґрунтів зменшується загальна пористість і об'єм пор аерації, збільшується об'єм неактивних пор, у яких вода практично недоступна рослинам, знижується швидкість фільтрації, утруднюється поширення коренів.

Надмірно пухкий стан ґрунту також несприятливий, тому що ґрунт при цьому швидко висушується, порушується контакт насіння, коренів рослин із ґрунтом. Негативний вплив підвищеної щільності на легких ґрунтах (піски і супісі) позначається слабкіше чи зовсім не позначається для ряду культур.

М. А. Качинський пропонує наступну оцінку щільності ґрунтів суглинного і глинистого механічного складу (табл. 3.1).

В лабораторних умовах щільність ґрунту визначають з розсипного зразка з порушеним станом ґрунту. Але такий метод не дає дійсного уявлення про щільність ґрунту в природному заляганні. У польових умовах беруть у металеві циліндри проби ґрунту з непорушеним станом, що дозволяє визначати щільність ґрунту в природному стані.

Таблиця 3.1 – Оцінка щільності ґрунтів

Щільність ґрунту, г/см ³	Якісна оцінка	Щільність ґрунту, г/см ³	Якісна оцінка
<1	ґрунт пухкий чи багатий органічною речовиною (дернина)	1.3—1,4	Рілля сильно ущільнена
1,0-1,1	Типові величини для культурного свіжезороного ґрунту	1.4—1,6	Типові величини для підорних горизонтів різних ґрунтів
1,2	Рілля ущільнена	1.6—1.8	Сильноущільнені ілювіальні горизонти ґрунтів

3.3 Визначення щільності ґрунту з розсипного зразка

1. Беруть металевий циліндр (висотою 10 см і діаметром 5 см) з сітчастим дном, кладуть на дно кружок фільтрувального паперу і зважують на технохімічних терезах.

2. Насипають у циліндр ґрунт із нерозтертого зразка, ущільнюючи його в міру наповнення (постукують дном циліндра об долоню руки). Одночасно визначають вологість ґрунту.

3. Вимірюють висоту насипного шару ґрунту, діаметр циліндра і визначають обсяг ґрунту.

4. Зважують циліндр із ґрунтом і проводять необхідні розрахунки.

Знаходять щільність ґрунту по формулі:

$$d_V = \frac{m}{V} \quad (3.2)$$

де d – щільність (г/см³);

m – маса сухого ґрунту (г);

$$[m = \frac{A \cdot 100}{100 + W} \quad , \quad (3.3)$$

де A – маса вологого ґрунту (г);

W – вологість ґрунту (%), якщо визначають щільність повітряно-сухого ґрунту;

W – гігроскопічна вологість];

V – об'єм циліндра (у см³);

$$[V = \pi r^2 h, \quad \text{де } \pi - 3,14; \quad (3.4)$$

r – радіус циліндра (у см);

h – висота циліндра (у см)].

Остаточна формула має вигляд:

$$d_v = \frac{A \cdot 100}{(100 + W) \cdot V} \quad (3.5)$$

3.4 Пористість ґрунту

Між механічними елементами й агрегатами в ґрунті маються проміжки-пори. У них розміщуються вода, повітря, мікроорганізми, корені рослин. Об'єм пор у ґрунті, їх розмір залежать від механічного складу і структури. Кількість пор і співвідношення їх по розмірах визначають найважливіші властивості ґрунтів і насамперед водно-повітряні.

Сумарний об'єм пор у ґрунті в одиниці об'єму називається пористістю. Загальна пористість підрозділяється на капілярну і некапілярну пористість (пори аерації). Некапілярні пори звичайно зайняті ґрунтовим повітрям. Вода в них знаходиться під дією гравітаційних сил і не утримується. У капілярних порах розміщається вода, утримувана менісковими силами.

Пори, у яких знаходяться капілярна вода, ґрунтове повітря, мікроорганізми і корені рослин, називаються активними. До неактивних відносять пори, займані зв'язаною водою (міцнозв'язана і рихлозв'язана вода).

В агрономічному відношенні важливо, щоб ґрунти мали у своєму розпорядженні великий обсяг капілярних пор і при цьому мали некапілярну пористість не менш 20—25% від загальної пористості. Якщо при вологості ґрунту, що відповідає граничній польовій вологоємності, коли в ґрунті знаходиться найбільша кількість капілярнопідвищеної вологи, обсяг пор аерації складає величину менше зазначеної, необхідні агротехнічні чи меліоративні заходи щодо поліпшення аерації ґрунтів.

Загальну пористість можна розрахувати на підставі щільності твердої фази і щільності ґрунту за формулою:

$$P = \left(1 - \frac{d_v}{d} \cdot 100 \right) \quad (3.6)$$

де P – загальна пористість (в об'ємних відсотках);

d_v – щільність твердої фази ґрунту;

d – щільність ґрунту.

Для оцінки загальної пористості суглинних і глинистих ґрунтів М.А.Качинський пропонує наступну шкалу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Оцінка загальної пористості ґрунту

Загальна пористість, %	Якісна оцінка
>70	Надмірно пориста. Ґрунт спущений
55—65	Відмінна. Культурний орний шар
50—65	Задовільна для орного шару
<50	Незадовільна для орного шару
40—25	Надмірно низька. Характерна для ущільнених ілювіальних горизонтів

3.5 Пористість аерації (пори аерації)

Пористість аерації – це частина загальної пористості ґрунту, заповнена повітрям. Вона дорівнює різниці між обсягом загальної пористості й обсягом води, що міститься в ґрунті на момент визначення пористості.

Пористість аерації обчислюють на підставі: даних загальної пористості, вологості і щільності ґрунту і виражають у відсотках стосовно об'єму ґрунту.

Нехай $P_{\text{заг}}$ – загальна пористість (%); W – вологість ґрунту, обчислена на сухий ґрунт; d – щільність ґрунту.

Насамперед необхідно обчислити об'єм пор, зайнятих водою (P_w), тобто установити зміст води в об'ємних відсотках. Цю величину визначають за формулою:

$$P_w = d \cdot W \quad (3.7)$$

Знаючи об'єм пор, зайнятих водою, легко обчислити пористість аерації

$$P_{\text{аер}} = P_{\text{заг}} - P_w \quad (3.8)$$

Порядок виконання роботи:

Частина 1 - Визначення щільності твердої фази ґрунту:

- за формулою 3.1 визначити щільність твердої фази ґрунту (d).

Частина 2 - Визначення щільності ґрунту з розсипного зразка:

- за формулами 3.2 - 3.4 визначити щільність ґрунту d_v .

Частина 3 - Визначення пористості ґрунту та пористості аерації:

- за формулами 3.6 - 3.8 визначити загальну пористість (P), об'єм пор зайнятих водою (P_w) та пористість аерації ($P_{\text{аер}}$).
- за таблицею 3.2 дати оцінку загальної пористості ґрунту.

Запитання для самоперевірки

1. Як розраховують пористість аерації?
2. Фізико-механічні властивості ґрунту. Від чого залежать?
3. За якою формулою розраховується загальна пористість?
4. Фізична стиглість та фактори від яких вона залежить.
5. Біологічна стиглість ґрунту, її значення для біологічних процесів, що відбуваються у ґрунті.
6. Розрахуйте загальну пористість ґрунту при $d = 2,55$, а $dV = 1,1 \text{ г/см}^3$.
7. Об'єм непорушеного ґрунту 6 см^3 , щільність твердої фази $2,60$, а об'ємної маси $1,20 \text{ г/см}^3$. Розрахуйте який об'єм займає тверда фаза цього ґрунту.
8. Що розуміють під щільністю ґрунті?
- 9.

Лабораторна робота № 4

За темою « ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГУМУСУ У ҐРУНТІ ЗА МЕТОДИКОЮ І.В. ТЮРІНА В МОДИФІКАЦІЇ В.Н. СИМАКОВА »

4.1. Гумус ґрунту

Гумусом ґрунту називають складний динамічний комплекс органічних сполук, що утворюється при розкладанні і гуміфікації органічних залишків у ґрунті.

Гумус містить: 1) велику групу негумифікованих речовин, органічних залишків і продуктів їхнього розпаду; 2) групу гумусових речовин, що складають головну і специфічну частину гумусу.

Існуючі методики дозволяють визначати як окремі групи гумусових речовин, так і сумарний їхній вміст.

При визначенні сумарного вмісту гумусу враховують усі форми органічної речовини ґрунту. Тому при підготовці її до аналізу ретельно відбирають корінці і усі видимі органічні залишки для того, щоб по можливості виключити органічні речовини негумусової природи.

Класичний метод визначення гумусу ґрунту розробив російський вчений Г. Г. Густавсон. Цей метод заснований на сухому спалюванні гумусу до вуглекислого газу при прожарюванні ґрунту. Золу збирають, зважують і по її кількості обчислюють вміст гумусу.

В даний час у практиці лабораторних робіт для визначення гумусу мінеральних ґрунтів застосовують метод Кнопа-Сабаніна і метод Тюріна, які засновані на спалюванні органічної речовини мокрим засобом. Для обчислення кількості органічної речовини в торф'яних ґрунтах визначають втрати при прожарюванні.

4.2 Визначення гумусу методом І.В.Тюріна

Метод І. В. Тюріна відрізняється простотою, точністю і швидкістю визначення гумусу. Його широко застосовують при масових аналізах ґрунтів.

Метод І. В. Тюріна заснований на окислюванні гумусу 0,4 н, розчином двохромовоокислого калію ($K_2Cr_2O_7$), який приготовлений на сірчаній кислоті, розведеної у воді в об'ємному відношенні 1:1. За кількістю хромової кислоти, яка пішла на окислення гумусу, судять про його кількість.

Цим методом не можна визначати гумус у ґрунтах, сильно засолених хлоридами, а також з вбирним закисним залізом і великою кількістю марганцю (виходять завищені результати). Карбонати в ґрунті не заважають визначенню гумусу.

Хід аналізу. 1. З підготовленого для визначення гумусу й азоту ґрунту беруть наважку на аналітичних чи терзійних терезах. Величина її залежить від вмісту гумусу в аналізованому ґрунті: чим більше в ній гумусу, тим менша наважка.

Зміст гумусу (%)	Наважка (г)
>10	0.1
10—5	0.2
5-1	0.3
1—0,5	0.4
<0,5	0.5

При зважуванні на аналітичних терезах наважку ґрунту варто брати в зважену суху пробірку.

2. Наважку ґрунту висипають обережно, не розпорошуючи, на дно конічної колби обсягом 100 мл.

3. Доливають у колбу з ґрунтом з бюретки точно 10 мл* (* При вмісті гумусу >10% варто доливати 15 мл $K_2Cr_2O_7$) 0,4 н розчину двохромовоокислого калію, розчиненого в сірчаній кислоті, і вміст обережно перемішують круговим рухом колби.

4. У горло колби вставляють маленьку лійку, що служить холодильником, ставлять колбу на азбестову сітку і нагрівають рідину на слабкому полум'ї газового пальника (чи на електричній плитці). В міру нагрівання з рідини виділяються дрібні пухирці CO_2 , що при закипанні рідини (що спостерігається через 3—5 хвилин) будуть більш великими. Відзначають час початку закипання і помірно кип'ятіння продовжують 5 хвилин. Стежать за колбою і не допускають бурхливого кипіння, що супроводжується виділенням пару через лійку. При сильному і тривалому кип'ятінні збільшується концентрація сірчаної кислоти, що може привести до розкладання хромової кислоти, а звідси і до невірних результатів аналізу.

5. Після кип'ятіння колбі дають охолонути, і її вміст переносять у колбу ємністю 500 мл. Спочатку обмивають і виймають лійку, а потім наливають у колбу на 100 мл дистильованої води і вміст переливають у велику колбу на

500 мл, куди попередньо наливають близько 100 мл дистильованої води. Після цього маленьку колбу кілька разів обполіскують водою, виливаючи її щоразу у велику колбу, поки в ній не збереться близько 300 мл розчину.

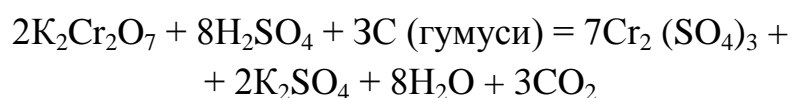
6. До отриманого у великій колбі розчину додають 10 крапель 85%-ний фосфорної кислоти і 8 крапель дифеніламіну, усе ретельно перемішують і відтитровують залишок хромовоокислого калію (хромової кислоти), 0,2 н розчином солі Мору – до переходу кольору розчину з бурого в зелений.

На початку титрування рідина здобуває темно-червоно-фіолетовий (бурий) колір, що перед кінцем титрування переходить в інтенсивно-синій, а наприкінці титрування – сірувато-зеленуватий. При невеликому надлишку солі Мору рідина здобуває яскраво-зелений колір. До переходу бурого кольору в синій сіль Мора треба доливати невеликими порціями, а після появи синього кольору і до його переходу в зелений — по краплях, ретельно перемішуючи розчин у тому та іншому випадку.

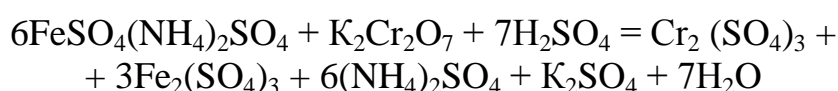
7. Дифеніламін додають як індикатор, а фосфорна кислота усуваючи вплив іонів окисного заліза, обумовлює різкий перехід синього кольору в зелений.

По закінченню титрування визначають і записують кількість мілілітрів солі Мора, яка пішла на титрування залишку хромовоокислого калію.

При нагріванні хромовоокислого калію в сірчаній кислоті в присутності гумусу ґрунту відбувається окислювання останнього до CO_2 :



При титруванні сіллю Мора надлишку хромовоокислого калію (не витраченого на окислювання гумусу) відбувається реакція:



8. Встановлюють, скільки солі Мора йде на титрування 10 мл розчину хромовоокислого калію в сірчаній кислоті) * (* 10 мл розчину хромовоокислого калію виливають у півлітрову колбу. Додають 300 мл дистильованої води, фосфорної кислоти і дифеніламіну в таких, же кількостях, як і при визначенні гумусу, і титрують сіллю Мора до придбання розчином грязно-зеленого кольору).

Тому що сіль Мора готують удвічі слабкішу (0,2 н), то на 10 мл 0,4 н хромовоокислого калію її йде звичайно близько 20 мл.

Вміст гумусу обчислюють за формулою:

$$A = \frac{(a - b) \cdot K_M \cdot 100 \cdot 0.0010362 \cdot K_{\text{H}_2\text{O}}}{C}, \quad (4.1)$$

де A – вміст гумусу (% маси сухого ґрунту);

a – вміст солі Мора, яка пішла на титрування 10 мл хромовоокислого калію (пункт 8);

b – кількість солі Мора, яка пішла на титрування залишку хромовоокислого калію (пункт 7);

K_M ,— поправка до титру солі Мора;

0,0010362 – коефіцієнт перерахування на гумус, тому що 1 мл 0,2н солі Мора відповідає зазначеній кількості гумусу;

K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності для перерахування на сухий ґрунт;

C -наважка повітряно-сухого ґрунту (г),

Реактиви. 1.0,4 н розчин двохромовоокислого калію в розведеній сірчаній кислоті (1:1). 2.0,2 н розчин солі Мора. 3.85 %-ний розчин ортофосфорної (H_3PO_4) кислоти. 4. Розчин дифеніламіну ($C_{12}H_{11}N$) у сірчаній кислоті.

4.3 Визначення гумусу за І. В. Тюріним в модифікації В. Н. Сімакова

У модифікації В. Н. Сімакова визначення гумусу з початку і до моменту закінчення п'ятихвилинного кип'ятіння ведуть так само, як і за Тюріним (пункти 1, 2, 3, 4 стор. 118). Після кип'ятіння колби дають охолонути. З промивалки обмивають дистильованою водою лійку і стінки колби, довівши в ній об'єм до 30 – 40 мл. Додають у колбу 4 – 5 крапель 0,2%-ного розчину фенілантранілової кислоти і титрують 0,2 н. розчином солі Мора. Кінець титрування визначають переходом вишнево-фіолетового кольору в зелений.

Обчислюють результати аналізу і титрування так само, як і за Тюріним.

Порядок виконання роботи:

- за формулою 4.1 визначити вміст гумусу (A) в ґрунті.

Запитання для самоперевірки

- 1.Що таке гумус (перегній)?
2. За рахунок яких джерел органічних речовин утворюється гумус в ґрунті?
3. З яких компонентів складаються гумусові кислоти?
4. Охарактеризуйте гумінову та фульвокислоти.
5. Які сполуки утворюються в результаті взаємодії перегнійних кислот з мінеральною частиною ґрунту ?
6. Вплив різних сполук гумусових кислот з мінеральною частиною ґрунту на ґрунтоутворення і властивості ґрунту.
7. Яка кількість гумусу міститься в основних типах ґрунтів?
8. Чим відрізняється якісний склад гумусу підзолистих ґрунтів від чорноземів?
9. Екологічна роль гумусу.

Лабораторна робота № 5

За темою «ВИЗНАЧЕННЯ СУМИ ОБМІННИХ ОСНОВ, ГІДРОЛІТИЧНОЇ КИСЛОТНОСТІ ТА СТУПЕНЮ НАСИЧЕНОСТІ ГРУНТУ ОСНОВАМИ»

5.1 Визначення суми обмінних основ методом Каппена – Гільковіца

В кислих (безкарбонатних) ґрунтах (дерново-підзолистих, сірих лісових і ін.) суму обмінних основ визначають за методом Каппена-Гільковіца. Ґрунт обробляють відомою кількістю 0,1 н розчину НС1. У результаті взаємодії ґрунту із соляною кислотою її водень витісняє з вбирного комплексу обмінні основи (Са, Mg і ін.)(* Соляна кислота може частково розчиняти в кислих ґрунтах полуторні окисли, що вносить деяку помилку у визначення суми вбирної основ). Знаючи кількість кислоти до реагування і після реагування з ґрунтом, по різниці визначають суму обмінних основ,

Кращі результати метод Каппена—Гільковіца дає на ґрунтах, бідних вбирними основами, наприклад на дерново-підзолистих.

Хід аналізу. 1. Зважують на технохімічних терезах 20 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного крізь сито в 1 мм.

2. Висипають наважку ґрунту в колбу на 350—500 мл.

3. Доливають до ґрунту з бюретки 100 мл 0,1 н розчину НС1 і збовтують вміст 1 годину на ротаторі чи рукою.

4. Після збовтування колбу залишають на добу.

5. Потім вміст колби профільтровують через сухий беззольний фільтр. Якщо перші порції фільтрату виявляться мутними, то їх знову виливають на той же фільтр.

6. По закінченні фільтрування піпеткою відбирають 50 мл прозорого фільтрату в конічну колбу на 150—200 мл.

7. До нього доливають 2—3 краплі фенолфталеїну і кип'ятять 1— 2 хвилини, щоб видалити СО₂.

8. Гарячий фільтрат відтитровують 0,1 н розчином NaOH до слабо-рожевого фарбування з точністю до краплі (0,03—0,04 мл). Суму обмінних основ обчислюють за формулою:

$$S = \frac{(a \cdot K_{HCl} - b \cdot K_{NaOH}) \cdot 100 \cdot 0.1}{C}, \quad (5.1)$$

де S – сума обмінних основ (м.-екв. на 100 г ґрунту);

a – кількість мілілітрів фільтрату 0,1 н НС1, взятого для титрування;

K_{НС1} – поправка до титру НС1;

b – кількість мілілітрів 0,1 н NaOH, яка пішла на титрування взятого

об'єму фільтрату;

K_{NaOH} – поправка до титру NaOH;

100— коефіцієнт перерахування на 100г ґрунту;

C - наважка ґрунту, що відповідає взятому для титрування об'єму фільтрату;

0,1 – коефіцієнт перекладу в мілі-еквіваленти. Якщо сума обмінних основ у ґрунті очікується більше 15 м-екв., то соляної кислоти беруть 200 мл чи зменшують наважку ґрунту до 10 г. Практично керуються наступними даними: для дерново-підзолистих і світло-сірих лісових ґрунтів беруть 20 г і 100 мл HCl, для сірих, темно-сірих і чорноземів – 20 м і 200 мл HCl.

Реактиви. 1. Титрований 0,1 н розчин HCl. 2. Титрований 0,1 н розчин NaOH. 3. Фенолфталеїн.

5.2 Кислотність ґрунту

Кислотність розчину обумовлена іонами водню, що знаходяться в ньому. Кількісно вона може бути виражена в м-екв. водню на 100 г ґрунту і величиною рН.

При нейтральній реакції розчину $\text{pH} = 7$, при кислій < 7 , при лужній > 7 .

В залежності від того, у якому стані знаходяться в ґрунті іони водню, розрізняють такі види кислотності: актуальну (активну) і потенційну (сховану) з підрозділом останньої на обмінну і гідролітичну. Для судження про кислотність ґрунту визначають рН водного і сольового розчинів. Величина рН водного розчину характеризує актуальну, а рН сольового – потенційно обмінну кислотність ґрунту.

За рахунок обмінної кислотності може відбуватися збільшення актуальної кислотності.

Звичайно рН сольової витяжки нижче рН водної витяжки.

Значення рН сольової витяжки (обмінної кислотності) має важливе значення для вирішення питання про необхідність вапнування ґрунтів. При застосуванні добрив також треба враховувати величину обмінної кислотності.

Величину рН можна визначити колориметричним і потенціометричним методами. Колориметричний метод дає можливість визначати рН тільки в безбарвних і прозорих розчинах. Електрометричними методами можна визначати рН у прозорих і мутних розчинах і безпосередньо в ґрунтових суспензіях. В даний час в основному користаються потенціо-метричним методом.

5.3 Визначення кислотності ґрунту (рН) потенціометричним методом

Потенціометричний метод визначення рН заснований на вимірі електрорушійної сили (ЕРС), що виникає при опусканні в ґрунтову

суспензію, у водну чи сольову витяжку двох різних електродів (вимірювального й електрода порівняння). Потенціал електрода порівняння не залежить від значення рН випробуваного розчину. Потенціал вимірювального електрода зв'язаний із рН розчину чи ґрунту і визначається ним. Як електроди порівняння частіше використовують хлоросрібні електроди і каломельні електроди, у якості вимірювальних — платинові і скляні електроди.

Скляні електроди мають переваги перед іншими електродами при вимірі рН — на точність визначення не робить впливу наявність у розчині окислювачів, відновників, колоїдних речовин, важких металів. Вимір можна проводити в широкому діапазоні значень рН. Робочою частиною скляного електрода є скляна мембрана. При вимірі рН між мембраною і розчином (суспензією) виникає різниця потенціалів, величина якої залежить від активності іонів водню в розчині. По різниці потенціалів на скляному електроді й електроді порівняння визначають рН. Застосовувані в практиці прилади відкалібровані в одиницях рН і ОВП (окислювально-відновного потенціалу). Детальний опис і схема пристрою їх дані в прикладеній до кожного приладу інструкції. Для визначення рН необхідно проробити: 1) підготувати ґрунт чи суспензію для виміру; 2) підготувати прилад для виміру; 3) підготувати електроди для виміру. При підготовці електродів їх вимочують у 0,1 н НСl 5 – 7 діб до встановлення постійного потенціалу асиметрії. Перед опусканням у суспензію електроди ретельно обмивають дистильованою водою. Для підготовки приладу для вимірів необхідно після включення його в мережу і підключення електродів установити ізопотенціальну крапку, що відповідає застосовуваному електроду, температурну компенсацію, настроїти прилад за буферними розчинами. рН визначають у ґрунті, суспензії та у різних витяжках (частіше у водній і у витяжці 1 н КСl). При встановленні рН у суспензії й у витяжці для мінеральних горизонтів прийняте співвідношення ґрунт: вода (чи розчин 1 н. КСl) 1:5; у торф'яних ґрунтах і в лісових підстилках – 1:25. Необхідно враховувати, що з розведенням розчину він частіше підлужнюється, при центрифугуванні з кислих ґрунтів центрифугат підлужнюється, а з лужних – слабо підкислюється. Зміна температури розчину при відсутності компенсації на температуру також веде до зміни рН. Малобуферні розчини варто ретельно перемішувати при визначенні рН у зв'язку з підлужнюванням прилягаючого до скляного електрода шару, інакше рН виходить більш лужним.

5.4 Визначення гідролітичної кислотності

Визначення гідролітичної кислотності засноване на тому, що при взаємодії розчину CH_3COONa з ґрунтом утвориться оцтова кислота, яка відтитровується лугом. По кількості мілілітрів лугу, яка пішла на титрування, і судять про величину гідролітичної кислотності.

Хід аналізу. 1. На технохімічних терезах відважують 20 г повітряно-

сухого ґрунту, просіяного крізь сито в 1 мм, і висипають у колбу на 200 мл.

2. Доливають до ґрунту 50 мл 1,0 н розчину CH_3COONa , збовтують вміст колби на приладі для збовтування протягом 1 години.

Годинне збовтування можна замінити п'ятихвилинним збовтуванням рукою з наступним відстоюванням суспензії протягом доби.

3. Суспензію відфільтровують через сухий складчастий фільтр. Перед фільтруванням рідину добре збовтують, на фільтр переносять і ґрунт.

Якщо фільтрат виявиться мутним, його варто знову профільтрувати через той же фільтр.

4. Відбирають піпеткою 25 мл прозорого фільтрату і переносять у конічну колбу на 100 мл.

5. Додають 1—2 краплі фенолфталеїна й відтитровують фільтрат без підігрівання 0,1 н розчином NaOH до слабо-рожевого кольору, який не зникає протягом 1 хвилини.

Гідролітичну кислотність обчислюють за формулою:

$$H = \frac{a \cdot K_{\text{NaOH}} \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75}{C} \quad (3.2)$$

де H – гідролітична кислотність (м.-екв. , на 100 г ґрунту);

a – кількість мілілітрів 0,1 н. NaOH , яка пішла на титрування взятого об'єму фільтрату;

K_{NaOH} – поправка до титру NaOH ;

100 – коефіцієнт перерахування на 100 г ґрунту;

0,1 – коефіцієнт перерахування в мілі-еквіваленти;

1,75 – поправка на повноту витіснення іонів водню;

C – наважка ґрунту, що відповідає взятому для титрування об'єму фільтрату.

Реактиви. 1. 1,0 н розчин CH_3COONa . 2. Титрований розчин 0,1 н NaOH . 3. Фенолфталеїн.

5.5 Обчислення ступеня насиченості ґрунтів основами

Ступенем насиченості ґрунтів основами називається відношення суми обмінних основ до ємності вбирання.

До складу обмінних катіонів кислих ґрунтів поряд з вбирними основами (головним чином Ca і Mg) входять вбирні іони водню й алюмінію.

Ступінь насиченості показує, яку частину всіх вбирних катіонів складають вбирні основи.

При ступеню насиченості менше 100% ґрунт відносять до групи не насичених основами. Ступінь насиченості обчислюють за формулою:

$$V = \frac{S \cdot 100}{S + H}, \quad (5.3)$$

де V – ступінь насиченості ґрунту основами (%);

S – сума обмінних основ (м.-екв.);

H – гідролітична кислотність (м.-екв.);

$S + H$ – ємність вбирання кислих ґрунтів;

100 – коефіцієнт перерахування у відсотки.

Обчислення ступеня насиченості необхідно для визначення потреби ґрунтів у вапнуванні.

Порядок виконання роботи:

- за формулою 5.1 визначити суму обмінних основ S (частина 1);
- за формулою 5.2 визначити гідролітичну кислотність H (частина 2);
- за формулою 5.3 визначити ступінь насиченості ґрунту основами V (частина 3);

Примітка: Керуючись наступними даними, визначити, чи є потреба у проведенні вапнування ґрунту:

1. ґрунт сильно має потребу у вапнування, $V < 50$ %;
2. ґрунт середньо має потребу у вапнування, $V = 50 \dots 70$ %;
3. ґрунт слабо має потребу у вапнування, $V = 70 \dots 80$ %;
4. ґрунт не має потребу у вапнування, $V > 80$ %.

Запитання для самоперевірки

1. Як розраховується гідролітична кислотність?
2. Що називається вбирною здатністю ґрунту?
3. Що представляють собою колоїди ґрунту?
4. Яким методом розраховують суми обмінних основ ?
5. Які властивості притаманні колоїдам ґрунту?
6. Що таке ґрунтовий вбирний комплекс?
7. Які види вбирання зустрічаються в ґрунтах?
8. Які види кислотності Ви знаєте?
9. Як обчислюється ступень насиченості ґрунтів основами?

Лабораторна робота № 6

за темою «ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНО-ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТУ»

Фізичні властивості ґрунтів та фізичні процеси, які в ньому протікають, є дуже важливими факторами формування родючості ґрунтів.

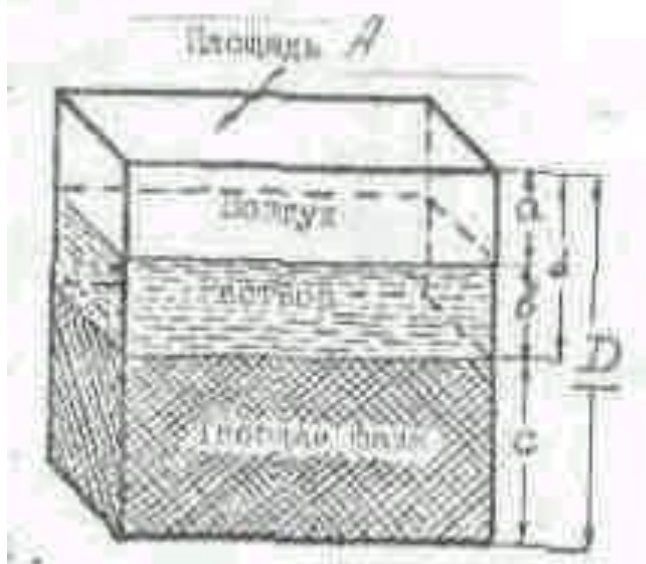
Агрофізична оцінка ґрунтів є однією з основних складових частин теоретичного обґрунтування агротехнічних засобів землеробства та сільськогосподарської меліорації ґрунтів з метою поліпшення фізичних властивостей ґрунтів, доведення їх до потреб с/г культур.

Мета роботи – навчити студентів методиці розрахунків деяких фізичних властивостей ґрунтів за допомогою формул, використовуючи вхідні параметри ряду вихідних показників.

Ґрунт складається з трьох частин (фаз): твердої, рідкої та газоподібної. Тверді частки різних розмірів та форм утворюють “скелет” ґрунту. Між ними знаходяться пори. Вони також відрізняються за формою та розміром. У сухому ґрунті пори заповнені повітрям. Можливі такі випадки, коли всі пори заповнені водою.

Для с/г культур має велике значення, який об’єм займає кожна з цих фаз ґрунту в період росту та розвитку рослини. Долю кожної з фаз (твердої, рідкої та газоподібної) ґрунту можна визначити (розрахувати), уявивши собі, що вони знаходяться в резервуарі та займають певний об’єм (рис. 6.1).

Якщо уявити, що всі тверді частки стиснуті у шар товщиною C з площею грані A , то розчин ґрунту в цьому резервуарі буде займати шар товщиною b , а повітря ґрунту – відповідно шар a .



a – повітря; b – розчин; c – тверда фаза

Рисунок 6.1 – Частка фаз ґрунту.

Визначимо показники вологості, пористості та щільності ґрунту, виходячи з рисунку.

У зразку ґрунту, в якому міститься вода, можна визначити масу її шляхом висушування при температурі 105⁰С на протязі 6 годин. Кількість води у ґрунті буде складати різницю між масою зразка ґрунту до висушування та після.

Вологість ґрунту по відношенню до маси ґрунту (відношення маси води до маси сухого ґрунту можна визначити виразом):

$$\theta_m = \frac{\text{маса води}}{\text{маса сухого ґрунту}} = \frac{P_{WVA}}{P_{pCA}} = \frac{P_{WV}}{P_{pC}}, \quad (6.1)$$

де P_W – щільність води,

P_p – щільність твердої фази ґрунту.

Якщо виразити це відношення у відсотках, воно набуде вигляду:

$$P_m = \theta_m \cdot 100\% = \frac{P_{WV}}{P_{pC}} \cdot 100\% \quad (6.2)$$

Знаючи об'єм води та загальний об'єм ґрунту, можна визначити об'ємну вологість ґрунту (θ_v) чи водні відношення (відношення об'єму води до загального об'єму ґрунту):

$$\theta_v = \frac{\text{об'єм води}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} = \frac{vA}{AD} = \frac{v}{D} \quad (6.3)$$

Об'ємна вологість у відсотках:

$$P_v = \theta_v \cdot 100\% = \frac{v}{D} \cdot 100\% \quad (6.4)$$

Товщина шару води D_e еквівалента товщині рідкої фази:

$$D_e = \frac{\text{об'єм води}}{\text{площа поверхні}} = \frac{vA}{A} = v \quad (6.5)$$

щільність ґрунту:

$$P_c = \frac{\text{маса сухого ґрунту}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} = \frac{P_{pCA}}{AD} = \frac{P_{pC}}{D} \quad (6.6)$$

Пористість ґрунту можна розрахувати знаючи сумарний об'єм пор та загальний об'єм пор:

$$E = \frac{\text{сумарний об'єм пор}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} \frac{dA}{DA} = \frac{d}{D} \quad (6.7)$$

Вологість насичення (повна вологоємність):

$$\theta_{mc} = \frac{\text{маса води при насиченні}}{\text{маса сухого ґрунту}} = \frac{P_w(a+v)A}{P_p c A} = \frac{P_w(a+v)}{P_p c} \quad (6.8)$$

Пористість аерації (пористість, яка зайнята повітрям):

$$E_a = \frac{\text{об'єм пор, зайнятий повітрям}}{\text{загальний об'єм пор}} \frac{aA}{DA} = \frac{a}{D} \quad (6.9)$$

Відносне насичення зразка ґрунту водою:

$$\theta_{vr} = \frac{\text{об'єм пор, зайнятий водою}}{\text{загальний об'єм пор}} = \frac{vA}{dA} = \frac{v}{d} \quad (6.10)$$

Роздивимося практичне застосування формул

Приклад:

Дано: Куб дерново-слабопідзолистого ґрунту на водно-льодовикових пісках розміром 10x10x10 см, що має загальну (вологу) масу 1700 г, де 218 г складає вода. Щільність води P_w становить 1.0 г/см³, а щільність твердої фази ґрунту $P_p = 2.63$ г/см³.

Знайти: Вологість по відношенню до маси, вологість у відсотках сухої маси, об'ємну вологість, товщину шару води, щільність ґрунту, пористість ґрунту, повну вологоємність, пористість аерації та відносне насичення.

Рішення:

1. Вологість по відношенню до маси сухого ґрунту:

$$Q_m = \frac{\text{маса води}}{\text{маса сухого ґрунту}} = \frac{218}{1700 - 218} = \frac{218}{1482} = 0.147$$

2. Вологість у відсотках до сухої маси:

$$P_m = Q_m \cdot 100 = 0.147 \cdot 100 = 14.7 \%$$

3. Об'ємна вологість, чи водне відношення:

$$Q_v = \frac{\text{об'єм води}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} = \frac{\frac{\text{маса води}}{\text{щільність води}}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} = \frac{218 \text{ см}^3}{1000 \text{ см}^3} = 0.218$$

4. Об'ємна вологість у відсотках:

$$P_v = Q_v \cdot 100 \% = 0.218 \cdot 100 = 21.8 \%$$

5. Товщина шару води:

$$D_e = \frac{\text{об'єм води}}{\text{площа поверхні}} = \frac{\frac{\text{маса води}}{\text{щільність води}}}{\text{площа поверхні}} = \frac{218 \text{ см}^3}{100 \text{ см}^2} = 2.18 \text{ см}$$

6. Щільність ґрунту:

$$P_c = \frac{\text{маса сухого ґрунту}}{\text{загальний об'єм ґрунту}} = \frac{1482 \text{ г}}{1000 \text{ см}^3} = 1.48 \text{ г/см}^3$$

7. Товщина шару ґрунту у зразку:

$$C = \frac{\text{об'єм твердих частин}}{\text{площа поверхні зразка}} = \frac{\frac{\text{маса твердих частин}}{\text{щільність твердої фази}}}{\text{площа поверхні зразка}} = \frac{\frac{mS}{P_p}}{A} = \frac{1482 / 2.63 \text{ г/см}^3}{10 \times 10} = 5.63 \text{ см}$$

8. Товщина шару повітря α визначають як різницю між загальною висотою зразка та товщиною шару води і твердої фази ґрунту:

$$\alpha = D - (v + c) = 10 \text{ см} - (2.18 \text{ см} + 5.63 \text{ см}) = 2.19 \text{ см}$$

9. Пористість ґрунту:

$$E = \frac{\text{сумарний об'єм пор (вода + повітря)}}{\text{загальний об'єм пор}} = \frac{(a + v)A}{DA} = \frac{(2.19 + 2.18) \times 10 \text{ см} \times 10 \text{ см}}{10 \text{ см} \times 10 \text{ см} \times 10 \text{ см}} = 0.437$$

10. Повна вологоємність (вологість насичення по відношенню до маси):

$$\theta_{mc} = \frac{\text{маса води при насиченні}}{\text{маса сухого ґрунту}} = \frac{P_w(a + v)A}{P_p c A} = \frac{P_w(a + v)}{P_p c} = \frac{1.00 \text{ г/см}^3 \times 4.37 \text{ см}}{2.63 \text{ г/см}^3 \times 5.63 \text{ см}} = 0.295$$

11. Пористість аерації:

$$E_a = \frac{\text{об'єм пор, зайнятий повітрям}}{\text{загальний об'єм пор}} \frac{aA}{DA} = \frac{a}{D} = \frac{2.19 \text{ см}}{2.18 \text{ см} + 2.19 \text{ см}} = 0.502$$

12. Відносне насичення:

$$\theta_{vr} = \frac{\text{об'єм пор, зайнятий водою}}{\text{загальний об'єм пор}} = \frac{2.18 \text{ см}}{4.37 \text{ см}} = 0.498$$

Порядок виконання роботи:

- визначити показники вологості, пористості та щільності ґрунту за формулами 6.1-6.10.

Варіанти:

Дано: Кубик ґрунту розміром 10 см X 10 см X 10 см. D= 10 см, A = 100 см² різних типів підтипів ґрунтів має наступні показники (табл. 6.1).

Запитання для самоперевірки

1. З яких частин складається ґрунт?
2. Як розраховується об'ємна вологість ґрунту у відсотках?
3. Як розраховується відносне насичення?
4. Як можна розрахувати пористість ґрунту?
5. До якої зони відноситься торф'яний низинний ґрунт?
6. Що називається щільністю твердої фази ґрунту?
7. Де поширені чорноземи типові?
8. За якою формулою розраховується товщина шару?
9. Як розраховується вологість по відношенню до маси сухого ґрунту?

Таблиця 6.1– Вологість та щільність твердої фази ґрунтів

Ґрунт	Маса вологого ґрунту, г	Маса води, г	Щільність твердої фази ґрунту, г/см ³
1	2	3	4
1. Дерново–слабопідзолистий на воднольодовикових пісках.	1700	218	2,63
2. Дерново-середньопідзолистий легкосуглинистий на воднольодовикових пісках	1600	260	2,63
3. Дерново-карбонатний на елювії крейдових порід	1565	295	2,68
4. Торф'яний низинний ґрунт	640	410	1,86
5. Світло-сірий опідзолений на лесі	1620	270	2,61
6. Сірий опідзолений на лесі	1699	329	2,66
7. Темно-сірий опідзолений на лесі	1378	308	2,63
8. Чернозем опідзолений на лесі	1565	375	2,62
9. Чернозем типовий на лесі	1558	328	2,55
10. Чернозем типовий на лесовидному суглинку	1611	371	2,61
11. Чернозем типовий середньогумусовий на лесі	1570	440	2,62
12. Лугово-черноземний ґрунт на лесовидному суглинку	1320	290	2,59
13. Чернозем звичайний на лесі	1453	353	2,60
14. Чернозем південний на лесі	1390	319	2,60
15. Темно-каштановий солонцеватий на лесі	1587	437	2,63
16. Дерновий поверхньо-глейовий осолоділий на оглеєних лесах	1512	432	2,70
17. Дерново-глейовий солончаковий на оглеєних лесах	1354	384	2,53

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конспект лекцій з Ґрунтознавства (автор Гуцал А.І.), ОДЕКУ, Одеса, 2004.
2. Польовий А.М., Гуцал А.І., Дронова О.О. Ґрунтознавство. Підручник. МОН України, Одес.держ.еколог.ун-т. – Одеса, Екологія, 2013. – 668 с.
3. www.libraru-odeku.16mb.com.
4. eprints.Library.odeku.edu.ua
5. Почвоведение. Под ред. Кауричева И.С. - М: Агропромиздат, 1989.
6. Почвоведение. Под ред. Фатьянова А.С., Тайчинова С.Н. - М.: Колос, 1972.
7. Практикум по почвоведению. Под ред. Кауричева И.С. - М.: Колос, 1980.
8. Атлас почв Украинской ССР. - К.: Урожай, 1979.
9. Качинский Н.А. Физика почв. т.1. - М.: Высшая школа, 1965.
10. Качинский Н.А. Физика почв. т.2. - М.: Высшая школа, 1970.
11. Охорона ґрунтів. К.: Знання, 2001.
12. Почвоведение. Ч.1. Почва и почвообразование. - М.: Высшая школа, 1988.
13. Почвоведение. Ч.2. Типы почв, их география и использование. - М.: Высшая школа, 1988.
14. Справочник агрогидрологических свойств почв Украинской ССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1963.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
ЗАВДАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ГЕОХІМІЇ ТА
ГРУНТОЗНАВСТВО»**

РОЗДІЛ «ГРУНТОЗНАВСТВО»

**Спеціальність 103 «Науки про Землю»
193 «Геодезія та землеустрій»**

Укладач: к.геогр.н., доц. Барсукова О.А.
к.геогр.н., ас. Колосовська В.В.

Електронна версія © Барсукова О.А., Колосовська В.В.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни ”Основи геохімії та ґрунтознавство” Розділ «Ґрунтознавство» для студентів 2-го року денної та заочної форм навчання

Укладач: Барсукова О.А., Колосовська В.В.
