

**Кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України**

О.В. Рибалова

ГРУНТОЗНАВСТВО

Практикум

Харків 2013

Друкується за рішенням засідання
кафедри охорони праці та
техногенно-екологічної безпеки
НУЦЗ України
Протокол від 30.08.2013 №1

Укладач: О.В. Рибалова

Рецензенти: доктор біологічних наук, професор А.М. Крайнюкова, завідувач лабораторії біологічних досліджень та біотестування Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем.
доктор хімічних наук О.Є. Васюков, проф. кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки НУЦЗ України,
кандидат географічних наук, доцент С.В. Анісімова, доцент кафедри екології Харківського національного автомобільно – дорожнього університету

Ґрунтознавство: практикум. Для студентів за спеціальністю 6.040106 «Екологія. Охорона навколишнього природного середовища та збалансоване природокористування» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укладач: О.В. Рибалова. – Х: НУЦЗУ, 2013. – 69 с.

Практикум з дисципліни «Ґрунтознавство» призначен для надання допомоги студентам НУЦЗ України, що навчаються за спеціальністю 6.040106 «Екологія. Охорона навколишнього природного середовища та збалансоване природокористування» при виконанні практичних робіт. Практичні роботи з дисципліни "Ґрунтознавство" присвячені вивченню основних характеристик фізичних властивостей ґрунтів і порід з метою застосування цих знань в практичній діяльності майбутнього фахівця – еколога.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. Практична робота № 1. Фізичні властивості ґрунтів і порід	5
2. Практична робота № 2. Рух води в ґрунті	13
3. Практична робота № 3. Визначення механічного складу ґрунту	25
4. Практична робота № 4. Визначення гранулометричного складу ґрунту	40
5. Практична робота № 5. Водний баланс та його складові	48
6. Практична робота № 6. Вологість ґрунтів	57
7. Практична робота № 7. Визначення норм поливу	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	90

ВСТУП

Мета практикуму – застосування студентом знань та умінь, отриманих під час курсу лекцій, семінарів і самостійних робіт з дисципліни "Ґрунтознавство" при вирішенні задач та практичних завдань, формування у майбутніх фахівців з базовою вищою освітою необхідного в їхній подальшій професійній діяльності рівня знань про морфологічні ознаки ґрунту, про вплив екологічних факторів на процеси ґрунтоутворення, склад, стан, будову і властивості ґрунтів та техногенних ґрунтових утворень, закономірностей їх формування і розвитку, що використовують для сільськогосподарських потреб та основні принципи охорони ґрунтів.

Виконання практичних робіт дає можливість систематизувати та закріпити теоретичні та спеціальні знання студента з дисципліни "Ґрунтознавство" щодо методики визначення генетичних типів і видів ґрунтів, їх просторового положення, а також основних показників властивостей та стану ґрунтів із метою їх класифікації та виділення на ділянках, що вивчаються, визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів із метою їх використання при проектуванні різноманітних інженерних споруд; прогнозування можливих змін властивостей ґрунтів під антропогенним тиском із метою розробки науково – обґрунтованих заходів щодо їх захисту; використання різноманітних методів поліпшення природних властивостей ґрунтів із метою забезпечення екологічної стійкості ґрунтів як важливого компоненту біогеоценозу.

При оформленні практичних робіт необхідно враховувати вимоги ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» [1].

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ І ПОРІД

План

- 1.1. Фізичні властивості ґрунтів і порід.
- 1.2. Визначення щільності і пористості ґрунту.
- 1.3. Обчислення пористості ґрунту.
- 1.4. Обчислення маси окремих шарів ґрунту.
- 1.5. Обчислення запасів складових частин ґрунту.
- 1.6. Практичні завдання

1.1 Фізичні властивості ґрунтів і порід

Загальними фізичними властивостями ґрунту і породи є щільність твердої фази, щільність непорушеного ґрунту і його пористість.

Щільність твердої фази (d) – інтегрована щільність усіх компонентів твердої фази ґрунту (уламки гірських порід, новоутворені мінерали, органічні частки) або маса одиниці об'єму ґрунту без пор.

Верхні горизонти ґрунту мають меншу щільність, ніж нижні, тому що щільність гумусу становить 1,4-1,8, а щільність мінеральних компонентів – 2,3-3,3 г/см³. Найвищою щільністю твердої фази володіють ілювіальні та солонцеві, найнижчою – торфові та тучні (сильно гумусовані) горизонти. Для більшості ґрунтів щільність твердої фази складає 2,40-2,65 г/см³, а для торф'яних – 1,4-1,8 г/см³.

Щільність ґрунту (ρ) – маса одиниці об'єму ґрунту в природному непорушеному й сухому стані.

Завдяки наявності пор, заповнених повітрям, щільність ґрунту значно менша, ніж щільність його твердої фази. Щільність ґрунту верхніх горизонтів становить 0,8-1,2 г/см³, а нижніх – 1,3-1,6 г/см³. Залежить ця величина від мінералогічного та гранулометричного складу ґрунту, його структури, вмісту органічної речовини, обробітку ґрунту. Оптимальна щільність становить 1,0-1,2 г/см³, а коливається від 0,4 (торф) до 1,66 (ілювіальні горизонти).

В.В.Медведевым, Т.Є.Линдіною, Т.М.Лактіоновою (2001) узагальнені дані щодо щільності ґрунтів України (табл.1.1).

Дані досліджень свідчать, що інтенсивний обробіток є головною причиною широкого розповсюдження на Україні фізичної деградації ґрунтів – руйнування природної структури, появи брил і пилу, переущільнення і, як наслідок — підсилення водної і вітрової ерозії, погіршення водно-повітряного режиму, умов росту і розвитку кореневих систем рослин тощо. Головним напрямком боротьби з фізичною деградацією ґрунтів є мінімізація їх обробітку.

Таблиця 1.1 – Реальні та оптимальні для рослин параметри щільності орного шару основних ґрунтів України

Гранулометричний склад ґрунту	Культура	Щільність ґрунту, г/см		
		під час сівби	рівноважна	оптимальний діапазон
Полісся, дерново-підзолисті ґрунти				
Пилувато-суглинкові	Ярий ячмінь	1,22	1,28	1,24-1,35
Пилувато-супіщані	Озима пшениця	1,22	1,29	1,25-1,34
Глинисто-супіщані	Картопля	1,25	1,27	1,10-1,20
Піщані	Озиме жито	1,38	1,52	1,25-1,35
Супісок пилувато-піщаний	Картопля	1,34	1,46	1,10-1,22
Лісостеп, чорнозем типовий				
Легкосуглинковий	Озима пшениця	0,97	1,16	1,05-1,30
Середньо суглинковий	Озима пшениця	1,10	1,23	1,05-1,30
	Цукровий буряк	1,00	1,21	1,10-1,26
	Горох	0,99	1,21	1,12-1,32
Лісостеп, сірий лісовий ґрунт				
Легкосуглинковий	Кукурудза	1,20	1,32	1,10-1,25
	Цукровий буряк	1,18	1,21	1,10-1,26
Степ, чорнозем звичайний				
Важко суглинковий	Озима пшениця	0,98	1,12	1,06-1,30
	Кукурудза	1,00	1,15	1,10-1,25
Степ, чорнозем південний				
Важко суглинковий	Ярий ячмінь	0,98	1,25	1,05-1,30
	Кукурудза	1,00	1,27	1,00-1,30
Легко глинистий	Кукурудза	1,10	1,34	1,00-1,30

Пористість ґрунту (P) – сумарний об'єм усіх пор між частками твердої фази одиниці об'єму ґрунту, виражений у процентах.

Її можна вирахувати за формулою:

$$P, \% = \left(1 - \frac{\rho}{d}\right) \cdot 100 \quad (1.1)$$

де ρ – щільність ґрунту, г/см куб; d – щільність твердої фази, г/см³.

Пористість залежить від мінералогічного складу, структурності, життєдіяльності ґрунтової біоти (особливо фауни) та від обробки ґрунту сільськогосподарськими знаряддями. Пори в ґрунті утворюються між окремими механічними елементами й агрегатами та в середині агрегатів.

Важливою екологічною характеристикою ґрунту є пористість аерації, тобто об'єм пор, заповнених повітрям. Повітря заповнює пори, не зайняті водою. Цей показник залежить від багатьох факторів, але в першу чергу від гранулометричного складу та агрегованості. У піщаних едафотобах пористість аерації складає більше 25%, у суглинистих – 20-

15%, а в глинистих – не більше 10% від загального об'єму ґрунту. Проте в глинистих ґрунтах на величину пористості аерації впливає ступінь агрегованості. У добре агрегованих ґрунтах з макроагрегатами крупнішими за 5 мм у діаметрі формується велика кількість макропор, що чудово дренують воду і залишаються заповненими повітрям майже увесь час. Пористість аерації в таких ґрунтах зростає до 20-30%.

Загальні фізичні властивості ґрунту залежать від мінералогічного, механічного і структурного складу. Так, гумусний горизонт структурного ґрунту (наприклад, чорнозему) має високу пористість (до 70%), а безструктурного глинистого ґрунту – значно меншу (<50%).

Основними *фізико-механічними* (реологічними) властивостями ґрунту є липкість, пластичність, набухання й усадка. Усі вони залежать від вмісту в ґрунті глинистих мінералів.

Пластичність – здатність ґрунту змінювати свою форму під впливом будь-якої зовнішньої сили без порушення суцільності та зберігати свою форму після знешкодження впливу зовнішньої сили. Ця властивість зумовлена наявністю в ґрунті мулистої фракції.

Сухий ґрунт не володіє пластичністю. Пластичність зростає при збільшенні вмісту обмінного натрію та зменшується при насиченні ґрунту катіонами кальцію, магнію та гумусовими речовинами.

Липкість – здатність вологого ґрунту прилипати до інших тіл. Визначається силою, що треба прикласти для відриву металічної пластини від ґрунту, і виражається в г/см².

Залежить від тих же факторів, що і пластичність. Обмінні катіони та гумус на явище липкості впливають аналогічно.

Набухання – збільшення об'єму ґрунту при зволоженні. Зумовлене сорбцією вологи ґрунтовими частинками й гідратацією обмінних катіонів.

Залежить від мінералогічного складу та складу колоїдів і обмінних катіонів. Найвища здатність до набухання встановлена у ґрунтів, багатих на монтморилоніт та вермикуліт, найменша – у збагачених каолінітом. Сильно набухають ґрунти, насичені натрієм.

Усадка – зменшення об'єму ґрунту при його висиханні.

Усадка – явище, протилежне до набухання, тому залежить від тих же факторів. Сильна усадка призводить до утворення крупних тріщин, розриву корневих систем, зростання випаровування з поверхні ґрунту. Пластичність, липкість, сильна усадка та набухання – негативні фізико-механічні властивості ґрунтів. До механічних властивостей ґрунтів належать також твердість, зв'язність і питомий опір.

Від гранулометричного складу та фізичних властивостей ґрунтів залежить система їх обробітку та особливості інших агротехнічних

заходів, строки польових робіт, система удобрення, структура посівних площ тощо.

Мінералогічний, хімічний та гранулометричний склад ґрунтотворних порід мають великий вплив на географію та екологію ґрунтів. Цей вплив може проявлятися безпосередньо або опосередковано шляхом дії на інші фактори ґрунтоутворення. Прикладом безпосереднього впливу мінералогічного й хімічного складу може служити формування дерново-карбонатних ґрунтів у лісовій зоні, де суцільно розповсюджені кислі сильно підзолисті ґрунти. Це пояснюється тим, що в породах, льодовикових суглинках, у значній мірі наявні уламки й валуни осадових вапняків. Наявність крупних мас кальциту нейтралізує кислі ґрунтові розчини, перешкоджає виносу елементів із ґрунту, тобто опідзоленню. У результаті на ділянках із вапняками формуються ґрунти не опідзолені, не вилугувані, що різко відрізняються від відповідних, утворених на льодовикових породах, у складі яких основними мінералами є кварц і силікати.

1.2 Визначення щільності і пористості ґрунту

Загальноприйнята одиниця виміру – г/см^3 (система CGS), можливо – кг/м^3 (система СІ), що становить 1000 г/см^3 .

Щільність твердої фази ґрунту (ρ_s) – маса твердих компонентів в одиниці об'єму твердих компонентів. Під масою твердих компонентів розуміється маса ґрунту висушеного при 105°C до абсолютно сухого стану.

Щільність агрегату (ρ_a) – маса твердої фази, що доводиться на одиницю обсягу, займаного всіма компонентами агрегату: твердою, рідкою й газоподібною фазами. Як правило, щільність агрегату вимірюється в повітряно-сухому стані, і в цьому випадку не обов'язково вказувати вологість, при якій вироблялися виміри. Якщо буде потреба, коли визначається залежність щільності агрегату від вологості, обов'язково вказується значення вологості, при якій вироблялося визначення.

Щільність ґрунту (об'ємна вага, об'ємна маса ґрунту.), або щільність додавання сухого ґрунту (ρ_b) – маса твердих компонентів в одиниці об'єму, займаного всіма ґрунтовими компонентами: твердою, рідкою й газоподібною фазами. Щільність ґрунту залежить від вологості, тому в кінцевих результатах необхідно дані по щільності супроводжувати величинами вологості, при якій вироблялося визначення щільності в польових умовах.

Необхідно підкреслити, що **щільність ґрунту** – є відношення маси абсолютно сухого ґрунту до її обсягу при природній вологості. Саме

тому крім загальноприйнятого терміна "щільність ґрунту" існує ще й "*щільність сухого ґрунту*", що підкреслює, що використовується маса абсолютно сухого ґрунту. У ряді дисциплін (ґрунтознавство, інженерна геологія, будівництво й т.д.) використовується поняття *щільність вологого ґрунту*, що є відношення маси вологого ґрунту до її обсягу. У ґрунтознавстві ж завжди використовується поняття "щільність сухого ґрунту", а частіше його загальноживаний синонім "щільність ґрунту".

Величина щільності ґрунту характеризує склад ґрунту (її щільність або пухкість). По величині щільності ґрунту може бути обчислена і пористість ґрунту, що також є характеристикою її складу. Але, крім того, величини щільності ґрунту використовуються для обчислення абсолютних запасів різних складових частин ґрунту.

1.3 Обчислення пористості ґрунту

$$\varepsilon|\%| = \left(1 - \frac{pb}{ps}\right) \times 100, \quad \varepsilon|\%| = \left|\frac{ps - pb}{ps}\right| \times 100, \quad (1.2)$$

де pb – щільність ґрунту, г/см³;
 ps – щільність твердої фази ґрунту, г/см³.

1.4 Обчислення маси окремих шарів ґрунту:

а) абсолютно сухого ґрунту

$$m_{\text{абс}} = 100 pb \times h \text{ [т/га] або [кг/м}^2\text{]}; \quad (1.3)$$

б) при вологості ґрунту $W, \%$

$$m_{\text{в}} = pb \times h \times (100 + W) \text{ [т/га] або } m_{\text{в}} = pb \times h \times (10 + 0,1W) \text{ [кг/м}^2\text{]}; \quad (1.4)$$

де h – потужність шару, см.

1.5 Обчислення запасів складових частин ґрунту:

а) по вмісту у відсотках від ваги абсолютно сухого ґрунту (гумус, карбонати, солі й т.д.)

$$\zeta\hat{A} = pb \times h \times \tilde{n} \text{ [т/га] або } \zeta\hat{A} = 0,1pb \times h \times \tilde{n} \text{ [кг/м}^2\text{]}, \quad (1.5)$$

де c – вміст складової частини ґрунту, % від ваги абсолютно сухого ґрунту;

б) по вмісту води, % від ваги абсолютно сухого ґрунту (W)

$$\zeta \hat{A} = pb \times h \times W \text{ [м}^3\text{/га]} \text{ або } \zeta \hat{A} = 0,1pb \times h \times W \text{ [л/м}^2\text{]} \text{ або [мм]}, \quad (1.6)$$

в) по вмісту живильних речовин у міліграмах на 100 м абсолютно сухого ґрунту (g)

$$\zeta \hat{A} = pb \times h \times g \text{ [кг/га]} \text{ або } \zeta \hat{A} = 0,1pb \times h \times g \text{ [г/м}^2\text{]}, \quad (1.7)$$

1.6 Практичні завдання

Вирішити наступні задачі:

1.1. Щільність ґрунту $1,26 \text{ г/см}^3$, щільність твердої фази ґрунтів $2,67 \text{ г/см}^3$. Визначити розраховуючи на 1 га шару потужністю 22 см:

а) масу сухого ґрунту в т/га;

б) масу вологого ґрунту при вологості ґрунту $18,5\%$ у т/га.

1.2. Щільність ґрунту $1,45 \text{ г/см}^3$, вміст гумусу $2,5\%$, вміст іона Са $0,22\%$ до абсолютно сухої ваги ґрунту, зміст поглиненого Na^+ $12,1$ мекв/100 г ґрунту, норма добрив $120 \text{ кг/га K}_2\text{O}$. Розрахувати.

а) запаси гумусу в 50-сантиметровій товщі ґрунту в т/га;

б) запаси іона Са в 20-сантиметровій товщі ґрунту в т/га;

в) зміст K_2O в 10-сантиметровому шарі ґрунтів в %.

г) запаси поглиненого Na^+ в 20-сантиметровому шарі (у т/га).

Питання для самоконтролю:

1. Опишіть загальні фізичні властивості твердої фази ґрунтів.

2. Дайте визначення понять „щільність ґрунту”, „пористість ґрунту”.

3. Що характеризують липкість, пластичність, набухання й усадка ґрунтів?

3. Визначте причину фізичної деградації ґрунтів України та обґрунтуйте шляхи боротьби з цим негативним явищем.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 РУХ ВОДИ В ҐРУНТІ

План

- 2.1 Рідка компонента ґрунтів і класифікація видів води в ґрунті.
- 2.2 Водопроникність ґрунтів.
- 2.3 Рух води в насиченою вологою ґрунту (фільтрація).
- 2.4 Практичні завдання.

2.1 Рідка компонента ґрунтів і класифікація видів води в ґрунті

Майже всі гірські породи вміщують рідку компоненту, яка в більшості випадків представлена водою.

Вода в ґрунтах може знаходитись в різних фазових станах – газоподібному, рідкому та твердому (лід). Вона відіграє дуже важливу роль у поведінці ґрунтів та значною мірою обумовлює їх стан, суттєво впливаючи на фізико-механічні властивості (із тенденцією до погіршення).

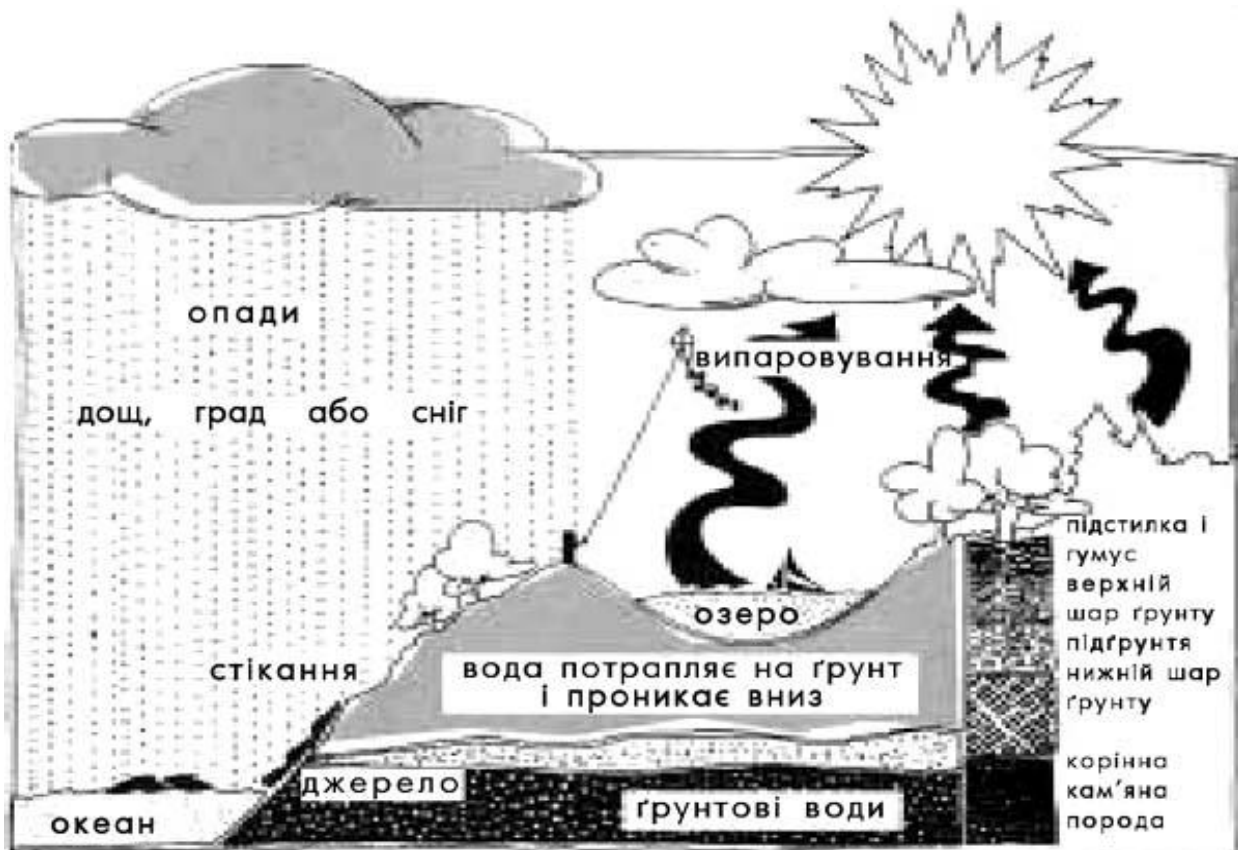


Рисунок 2.1 – Рух води в ґрунті

Сучасні уявлення про види води в ґрунтах свідчать про те, що в залежності від ступеню вологості, характеру зв'язку з поверхнею твердих

часток ґрунту доцільно виділяти дві основні категорії води – *зв'язану й вільну*.

У категорії *зв'язаної води* розрізняють два види – *міцнозв'язану* (або адсорбційну) та *слабозв'язану* (капілярну й осмотичну).

Міцнозв'язана вода формується на поверхні ґрунтових часток завдяки адсорбції молекул води з пару атмосфери, і міцно утримується поверхнею – енергія її взаємодії складає значні величини: від 40 до 130 кДж/моль.

За енергією зв'язку з поверхнею міцнозв'язана вода поділяється на воду острівної та полішарової адсорбції. Вода *острівної адсорбції* складається з окремих асоціацій молекул, що формуються коло найбільш активних в енергетичному відношенні центрів – на сколках окремих часток ґрунту та на катіонах-компенсаторах. Утворення її відбувається

при відносній вологості повітря не більше 20-30%. Вода *полішарової адсорбції* відрізняється тим, що утворює плівку навколо ґрунтової частки, яка складається з кількох шарів молекул води при відносній вологості повітря 30-90%. Енергія взаємодії цього різновиду води з поверхнею значно менша – 0,4-40 кДж/моль. Загальна кількість міцнозв'язаної води, що утворюється в ґрунті при відносній пружності пару близько 0,9, складає *максимальну гігроскопічну вологість ґрунту* (W_{mg}).

Властивості міцнозв'язаної води суттєво відрізняються від вільної води – вона характеризується більш високою щільністю (теоретично щільність її може досягати 18,4 кН/м³), зниженою температурою замерзання (до 30-50⁰С) та

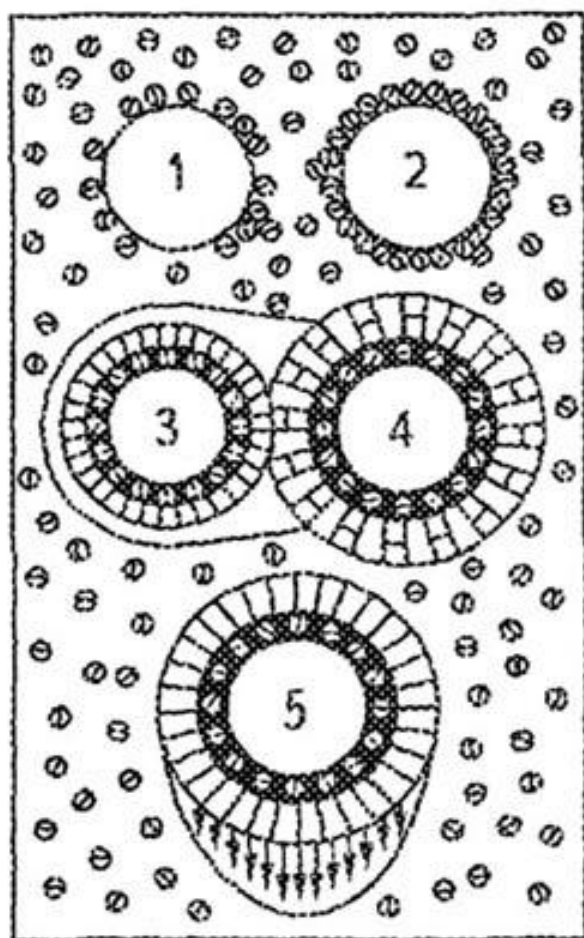


Схема форм ґрунтової вологи за Лебедєвим (молекули водяної пари зображені маленькими кружечками):

1 — часточки ґрунту з неповною гігроскопічністю; 2 — часточки ґрунту з максимальною гігроскопічністю; 3-4 — часточки ґрунту з півчасткою вологою; 5 — часточки ґрунту, в яких утворюється гравітаційна волога

здатністю до розчинення, підвищеною теплопровідністю, значно нижчою діелектричною проникністю по відношенню до вільної води.

Слабозв'язана вода. До цього виду води відноситься капілярна та осмотична вода.

Механізм пересування **капілярної води** пов'язаний з підємною силою капілярного меніска. Розрізняють воду кутів пор, капілярно підвішену та власне капілярну різновидності капілярної води.

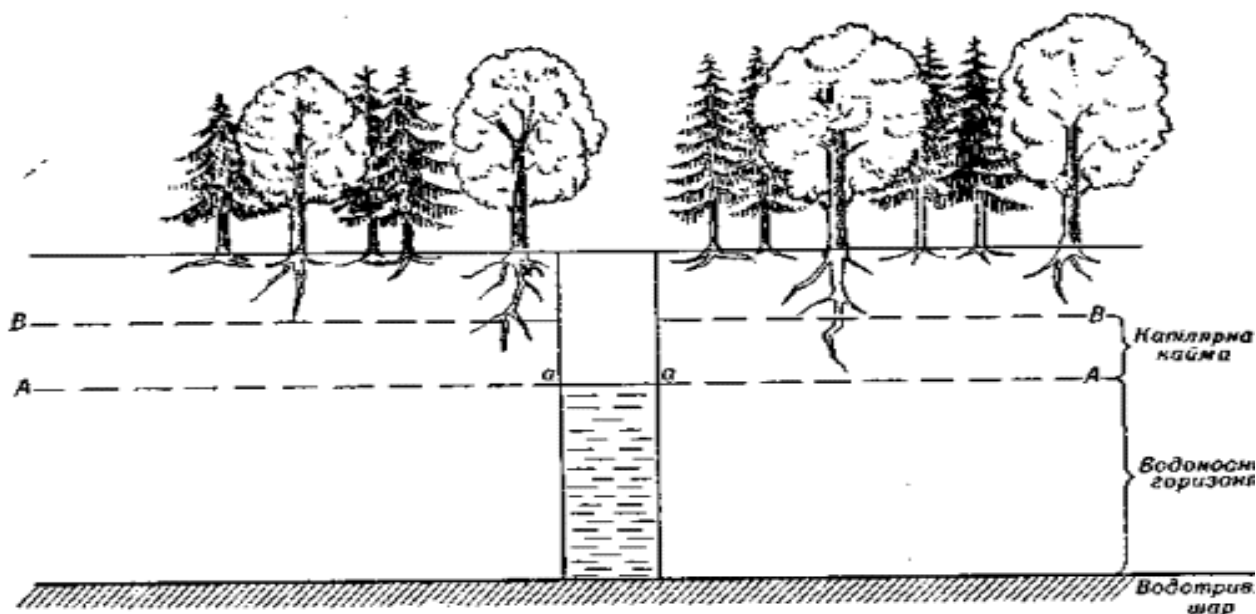


Рисунок 2.3 – Капілярна вода в ґрунті

Вода кутів пор заповнює найменші проміжки між частками ґрунту. Вона характерна для слабонасичених ґрунтів, де води не вистачає для повного заповнення капілярної пористості.

Найбільш розповсюджена **власне капілярна вода**, яка розміщується вище рівня ґрунтових чи підземних вод і має безпосередній зв'язок із водою водоносного горизонту.

Підвішена капілярна вода пов'язана із зоною аерації, формування її обумовлено надмірним випадінням атмосферних опадів або значними поливами (в умовах зрошення сільськогосподарських угідь). Цей вид капілярної води відрізняється значною рухомістю при перевазі процесів випаровування. Ця вода переміщується у верхню частину розрізу аж до повного зникнення, навпаки, відсутність випаровування сприяє поповненню нею водоносного горизонту.

Утворення **осмотичної води** обумовлене переміщенням молекул води в поровому розчині ґрунтів за рахунок осмотичних сил у напрямку ділянок із підвищеною концентрацією розчину. Унаслідок цього поблизу глинистих часток формується осмотична вода, яка може бути віднесена

до слабозв'язаної (з енергією зв'язку нижче 0,4 кДж/моль). Температура її замерзання $-1,5^{\circ}\text{C}$, щільність наближається до щільності вільної води.

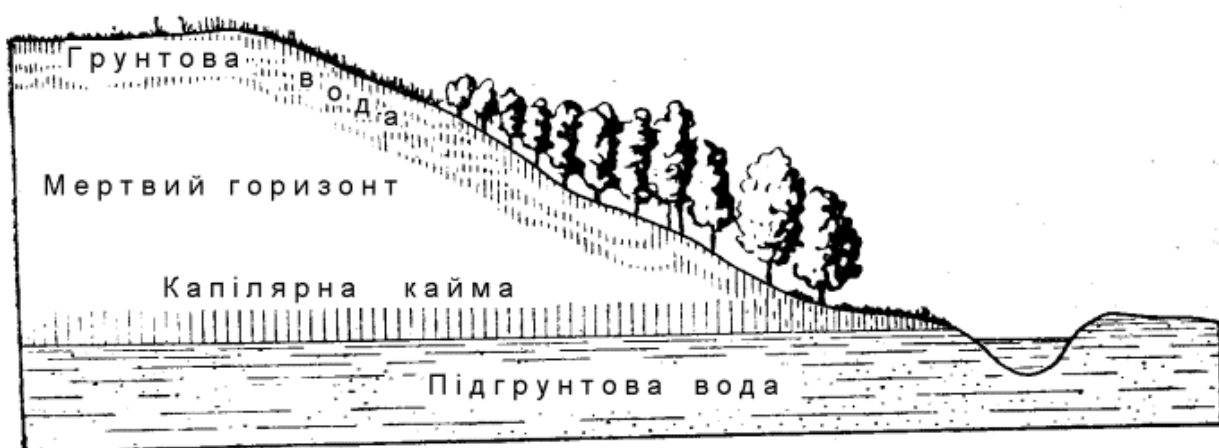


Рисунок 2.4 – Грунтова та підгрунтова вода

Вільна вода складається з двох видів – іммобілізованої та гравітаційної.

Іммобілізована вода міститься в замкнених порах і не має можливості переміщуватись.

Вільна (гравітаційна) вода заповнює порову систему ґрунту при повному водонасиченні. Вона складає основну масу води, що рухається в складі ґрунтових потоків. Поряд із цією водою в ґрунтах зони аерації на певному ступені зволоження з'являється вода, яка має здатність вибірково рухатись по порах і тріщинах, тобто просочуватись крізь ґрунтову товщу. Вона одержала назву – **вода, що просочується**.

Вільна (гравітаційна) вода рухається під впливом сили тяжіння, характеризується різною мінералізацією, хімічним складом та фізичними властивостями.

Максимально можливий уміст у ґрунті всіх видів зв'язаної та вільної води при повному насиченні пор ґрунту водою називають **повною вологоємністю ґрунту (W_0)**. А кількість води, що вміщується в порах і тріщинах ґрунтів у природному стані, носить назву **природної вологості (W)**. Вологість ґрунту визначається шляхом висушування зразків ґрунту до постійної маси при температурі $105-107^{\circ}\text{C}$. Відношення маси води, видаленої зі зразку ґрунту висушуванням до маси висушеного ґрунту є **абсолютною** або **ваговою вологістю ґрунту**. Але вологість можна виразити також по відношенню до об'єму ґрунту, таке відношення буде **об'ємною вологістю**. Зв'язок між об'ємною й ваговою вологістю може бути виражений через залежність:

$$W_{\hat{a}} = \rho_d \times W, \quad (2.1)$$

де $W_{\text{об.}}$ – об'ємна вологість;
 W – вагова вологість;
 ρ_d – щільність скелету ґрунту.

Важливою характеристикою природного стану ґрунту є **відносна вологість або ступінь вологості ґрунту**, яка являє собою відношення об'ємної вологості до об'єму пор, або природної вологості до повної вологоємності:

$$S_r = \frac{W_{\hat{a}}}{n} = \frac{W}{W_{\hat{0}}}, \quad (2.2)$$

де n – пористість;
 W – природна вологість;
 W_0 – повна вологоємність ґрунту.

Значення S_r змінюються від 0 до 1, причому в цьому діапазоні виділяють кілька градацій, що характеризують ступінь заповнення пор ґрунту водою:

- слабовологі – ($0 < S_r < 0,5$),
- вологі – ($0,5 < S_r < 0,8$),
- насичені водою – ($0,8 < S_r < 1$).

Різні категорії, види й різновиди води суттєво впливають на властивості ґрунтів, особливо глинистих (у тому числі лесових). Загальною закономірністю є зниження їх деформаційних і міцностних характеристик при підвищенні вмісту води в поровій чи трищінуватій системах ґрунту.

2.2 Водопроникність ґрунтів

Проникність – це здатність ґрунтів пропускати через себе рідину чи газ. Здатність ґрунтів пропускати через себе воду називають **водопроникністю**, а рух води під дією різниці напорів у ґрунтах має назву **фільтрації**.

В піщаних і глинистих ґрунтах фільтрація йде згідно закону Дарсі:

$$v = k \frac{\Delta H}{l} = kI, \quad (2.3)$$

де v – швидкість фільтрації;

k - коефіцієнт пропорціональності, який називають коефіцієнтом фільтрації;

I – гідравлічний градієнт, що дорівнює відношенню різниці напорів ΔH до довжини шляху фільтрації l .

Значення величини k залежить від багатьох факторів, серед яких одним з важливих є літологічний склад порід.

Швидкість фільтрації (v) являє собою умовну величину, віднесена до загального перерізу потоку, а **дійсна (істинна) швидкість** (v_d) руху води в порах і тріщинах описується формулою:

$$v_d = \frac{v}{n_a}, \quad (2.4)$$

де n_a – активна пористість.

Активна пористість n_a дорівнює величині загальної пористості в піщаних і грубоуламкових ґрунтах, в глинистих ґрунтах вона значно менша загальної пористості в зв'язку із заповненням частини (а іноді всієї системи) пор ґрунту зв'язаною водою.

Закон Дарсі є справедливим для більшості піщаних та глинистих ґрунтів, але для тріщинуватих скельних і крупноуламкових різновидів, де режим фільтрації переходить в турбулентний, швидкість фільтрації визначають за формулою А.А. Краснопольського:

$$v = k_K \sqrt{I}, \quad (2.5)$$

де k_K – коефіцієнт, що визначається дослідним шляхом.

У глинистих ґрунтах фільтрація починається лише після того, як буде подоланий деякий критичний градієнт, який отримав назву **початкового градієнту фільтрації** (I_n).

Основною причиною наявності в глинистих ґрунтах початкового градієнту фільтрації є присутність зв'язаної води, що оточує глинисті частки і зменшує переріз пор ґрунту. В зв'язку з цим фільтрація починається тоді, коли фільтраційний потік зсуває частину зв'язаної води і його градієнт перевищує початковий градієнт. Величина останнього для монтморилонітових глин може досягати 70, найбільш низькі початкові градієнти в каолінітових глинах – це долі і перші одиниці. Проміжне положення за значенням початкового градієнту фільтрації займають гідрослюдисті глини -15-25.

Фільтраційні властивості ґрунтів обумовлюються великою кількістю факторів, серед яких є склад та структурно – текстурні

особливості ґрунту, мінералізація і властивості води, що фільтрується, а також істотній вплив, мають градієнти, температура, тиск та інші умови фільтрації.

Особливе значення має геометрія порового простору, характер зв'язку пор у дисперсних ґрунтах, розкриття тріщин у скельних ґрунтах і властивості рідини, що фільтрується через ґрунт. В зв'язку з цим, водопроникність тісно пов'язана зі складом і розміром часток, що складають ґрунт. Найбільш водопроникними є уламкові ґрунти (крупноуламкові та піщані), найменш – глинисті ґрунти, серед яких монтморилонітові глини характеризуються найменшими значеннями коефіцієнта фільтрації – від 1×10^{-6} до 1×10^{-8} м/доб.

Властивості рідини (хімічний склад і концентрація розчину) мають особливе значення при фільтрації в глинистих ґрунтах. Численними дослідженнями встановлено, що водопроникність глин при фільтрації прісної води менша, ніж при фільтрації розчинів. Пояснюється це тим, що до складу розчину води входять катіони (особливо високовалентні), які при взаємодії з глинистими частками зменшують товщину шару зв'язаної води на їх поверхні. Як наслідок, розкривається частина пористої системи ґрунту, що раніше була заповнена зв'язаною водою. Навпаки, присутність у розчинах одновалентних катіонів (Na^+ , K^+) призводить до зниження водопроникності. Це пояснюється тим, що ці катіони сприяють, з одного боку, диспергації ґрунту, з іншого – підвищують гідрофільність глинистого ґрунту, що призводить до зростання товщини плівки зв'язаної води на поверхні глинистих часток.

Важливий вплив на водопроникність справляють текстурні особливості ґрунтів, зокрема, шаруватість. У залежності від характеру чередування в розрізі верств з різними фільтраційними властивостями буде формуватись напрямок фільтраційного потоку (горизонтальний або вертикальний), інтенсивність процесу підйому рівнів ґрунтових вод на забудованих територіях тощо. Затиснене повітря суттєво зменшує фільтраційні здатності ґрунтів. Пухирці затисненого повітря в скелеті ґрунту частково або повністю перекривають пори і перешкоджають просуванню потоку води.

Температура ґрунтової товщі, впливаючи на в'язкість води, обумовлює й інтенсивність фільтрації. Зростання температури підвищує її інтенсивність, зниження, навпаки, зменшує водопроникність ґрунту. Зростання тиску в основах будинків та споруд викликає ущільнення ґрунтової товщі, і, як наслідок, зниження водопроникності в зв'язку із закриттям частини пор.

Знання про особливості водопроникності ґрунтів, які використовуються як основа для будівництва, важливі для оцінки

існуючих умов, а також для прогнозу поведінки ґрунтів в умовах експлуатації споруд.

2.3 Рух води в насиченою вологою ґрунту (фільтрація)

Якщо ґрунт повністю насичений вологою, то матричний тиск, P_m , дорівнює 0, осмотичне, $P_{исмо}$, як уже вказувалося, практично не робить істотного впливу на формування потоку води у звичайних ґрунтах, тобто діючою величиною переносу води із крапки 1 у крапку 2 буде градієнт гравітаційного й пневматичного тисків:

$$i = K_s \frac{((P_g + P_a)_1 - (P_g + P_a)_2)}{l} = K_s \frac{(\Delta P_{g1} + \Delta P_{a2})}{l} \quad (2.6)$$

де $(P_{g1} + P_{a1})$ – сума гравітаційного й пневматичного тисків води в крапці 1, $(P_{g2} + P_{a2})$ – теж у крапці 2,

P_g – перепад гравітаційного тиску,

P_a – перепад пневматичного тиску,

l – відстань між цими крапками,

$\frac{\Delta P_g}{l}$ – гідравлічний градієнт (без обліку зміни пневматичного тиску),

K_s – коефіцієнт фільтрації або насичена гідравлічна провідність.

Зручніше за все величини зазначених тисків виражати в см водн.ст, величину l – у см. Тоді розмірність потоку води в ґрунті, i , збігається з розмірністю коефіцієнта фільтрації – мм/доб, см/год, мм/хв й ін.

Приклад 1.1. Розрахувати потік води в насиченому ґрунті на глибині 1 м. Насичена гідравлічна провідність, $K_s = 0.57$ см/год.

Рішення. Різниця пневматичних тисків на поверхні й на глибині 1 м невелика, і в цьому випадку нею можна знехтувати, тобто $\Delta P_a = 0$. Гравітаційний тиск на глибині 1 м складе для умов завдання $P_g = -100$ см (зі знаком мінус, тому що поверхня ґрунту приймається за нульовий рівень), а перепад тисків: $\Delta P_g = 0 - (-100) = 100$ см. Тоді потік води i , буде дорівнювати

$$i = \frac{0,67 \times 100}{100} = 0,57 \text{ (см/год)}.$$

У ґрунтознавстві нерідкі завдання по внутріґрунтовій фільтрації води уздовж схилу. У цьому випадку для природних умов також

зневажають перепадом пневматичного тиску. За перепад гравітаційного тиску приймають різницю висот розглянутих крапок, а за l – довжину фільтраційного шляху.

Приклад 1.2. Розрахувати внутріґрунтовий горизонтальний фільтраційний стік з піднесення висотою 5 м і довжиною схилу 15 м при $K_s = 0,021$ м/доб.

Рішення. Рґр для зазначених умов дорівнює 500 см, 1-1500 см. Використовуючи формулу Дарсі розраховуємо потік:

$$i = \frac{0,021 \times 500}{1500} = 0,007 \text{ [м/доб]}.$$

В експериментах по руху вологи, переносу розчинених речовин й ін. звичайно спостерігають кількість розчину, що профільтрувався через стовпчик, за певний проміжок часу. Із цих експериментів легко можна розрахувати насичену гідравлічну провідність, якщо згадати, що потік води, це кількість води, що профільтрувалася в одиницю часу, через одиницю площі:

$$i = \frac{Q}{(s \times \tau)}, \quad (2.7)$$

де Q – кількість води, що профільтрувалася, см^3 ,

s – площа перетину ґрунту, через яку відбувається фільтрація, см^2 ,
 τ – час, с. Тоді i – потік вологи, у см/с .

Приклад 1.3. Фільтраційний стовпчик із площею 40 см^2 розташовано вертикально. Потік вологи в ньому стаціонарний, тобто постійний у часі, і за 1 годину збирають 20 мл фільтрату. Розрахувати K_s .

Рішення. Розраховуємо потік води в стовпчику:

$$i = \frac{Q}{(s \times \tau)} = \frac{20}{40 \times 1} = 0,5 \text{ [см/год]}.$$

У даних умовах гідравлічний градієнт $\Delta P_g / \Delta l = 1$, а отже, $K_s = 0,5$ см/год.

Спробуйте вирішити (у загальному виді) це завдання для похилого положення стовпчика, наприклад під кутом 30° до горизонталі. Які ще для цього будуть потрібні вихідні величини, крім зазначених вищенаведеному прикладі?

2.4 Практичні завдання

Задача 1.

Розрахувати потік води в насиченому ґрунті на глибині 1 м. Насичена гідравлічна провідність, $K_s = 0,76$ см/год.

Задача 2.

Розрахувати внутріґрунтовий горизонтальний фільтраційний стік з піднесення висотою 6 м і довжиною схилу 18 м при $K_s = 0,024$ м/доб.

Задача 3.

Фільтраційний стовпчик із площею 60 см^2 розташовано вертикально. Потік вологи в ньому стаціонарний, тобто постійний у часі, і за 1 годину збирають 30 мл фільтрату. Розрахувати K_s .

Питання для самоконтролю

1. Розкажіть про класифікацію видів води в ґрунті.
2. Дайте тлумачення термінів «водопроникненість», «фільтрація».
3. Які чинники впливають на рух води в ґрунті?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ

План

- 3.1. Фізичні властивості й режими ґрунту.
- 3.2. Методи вивчення фізичних властивостей ґрунту.
- 3.3. Механічний аналіз ґрунту.
- 3.4. Класифікація механічних елементів ґрунту.
- 3.5. Методи підготовки ґрунту до механічного аналізу.
- 3.5.1. Фізичні методи підготовки ґрунту.
- 3.5.2. Хімічні й хіміко-механічні методи.
- 3.6. Методи визначення механічного складу ґрунтів.

3.1 Фізичні властивості й режими ґрунту

Вчення про фізичні властивості й режими ґрунту як природно історичного тіла називають фізикою ґрунту. Вивчення фізики ґрунту містить у собі:

- 1) вивчення ґрунтової маси – її ваги, дисперсного й структурного стану, а також будови ґрунту;
- 2) вивчення повітряних властивостей і режиму ґрунтового повітря;
- 3) вивчення водних властивостей ґрунту й водного режиму;
- 4) вивчення теплових властивостей і режиму ґрунту;
- 5) вивчення фізико-механічних властивостей ґрунту;
- 6) вивчення електричних і радіоактивних властивостей ґрунту.

Знання фізичних властивостей ґрунту необхідно для успішного вирощування сільськогосподарських рослин, а також для вивчення генезису ґрунтів. Найбільш тісний контакт фізика ґрунту як наука має із землеробством і меліорацією, основним завданням яких є тимчасове й корінне поліпшення, головним чином, фізичних властивостей ґрунту для практичних цілей сільськогосподарського виробництва. Так, при розробці агротехніки різних культур по зонах основними показниками є фізичні властивості ґрунтів даної зони. У зоні недостатнього зволоження позитивну оцінку одержують ті прийоми, які будуть сприяти нагромадженню й збереженню вологи в ґрунті, і, навпаки, в умовах надлишкового зволоження меліоративні й агротехнічні заходи повинні бути спрямовані убік зменшення вологості ґрунту, збільшення її аерації.

Оптимальними фізичними властивостями й режимами (водним, повітряним і тепловим) варто вважати такі, при яких можна одержати максимальний урожай рослини на даному ґрунті при повній забезпеченості її елементами їжі.

У практиці сільського господарства часто недооцінюють важливості фізичних умов ґрунту й родючість її зв'язують головним чином з наявністю елементів їжі. Тим часом уже із середини ХІХ сторіччя було встановлено, що не можна підвищити родючість ґрунту, не забезпечивши рослини відповідною кількістю води, повітря й тепла. Російські вчені В.В. Докучаєв і П.А. Костичев неодноразово відзначали необхідність корінних поліпшень водних і фізичних властивостей ґрунту для боротьби з посухою.

У цей час вивченню фізичних властивостей ґрунту приділяється велика увага. При складанні крупно- і дрібномасштабних ґрунтових карт колгоспів, територій досвідчених станцій, при дрібномасштабних регіональних ґрунтових зйомках необхідно давати фізичну характеристику основних ґрунтових типів.

3.2 Методи вивчення фізичних властивостей ґрунту

Для вивчення фізичних властивостей ґрунту в польових умовах застосовується метод «ключів». Сутність цього методу зводиться до наступного: по наявній ґрунтовій карті виділяють основні генетичні ґрунтові різниці і їхні варіанти по механічному складі, потім на типові для даного району рельєфі й ґрунті виділяють досвідчену площадку – «ключ» – 10 X 10 м або 100 X 100 м, закладають на ній 1-2 ґрунтових розрізи глибиною до 2м і й більше, роблять детальний морфологічний опис ґрунту й потім уступама, що є робочими площадками (розміром 1 - 1,5 м²), роблять розріз для вивчення фізичних властивостей ґрунту (рис. 3.1).

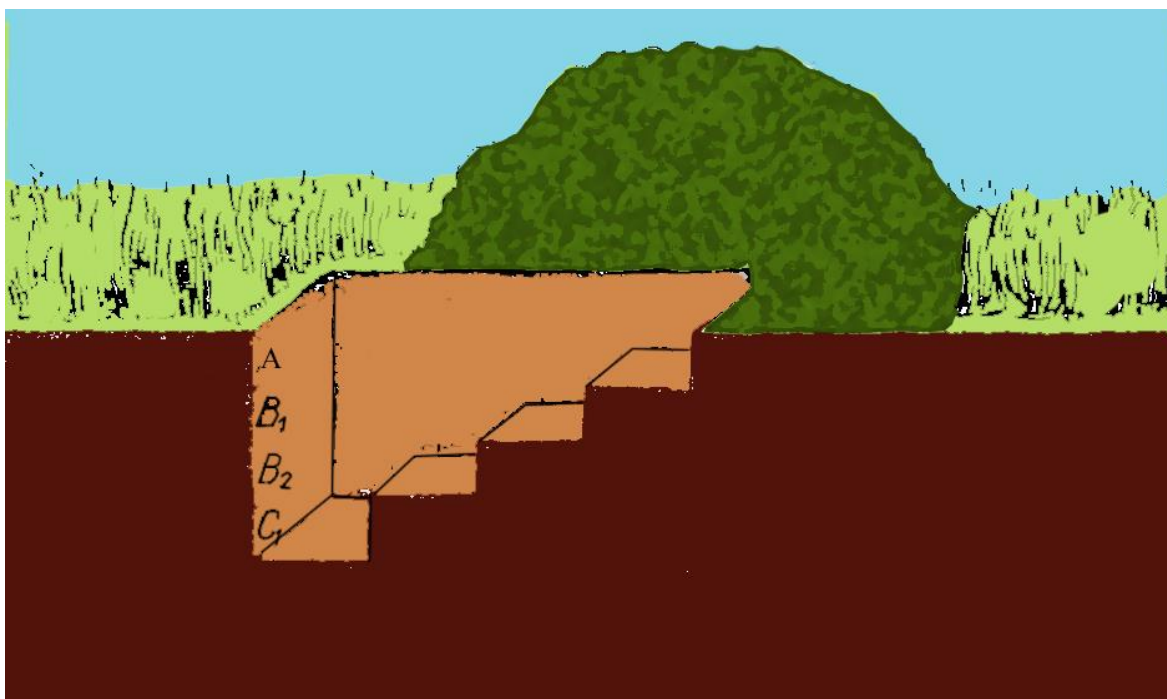


Рисунок 3.1 – Схема ґрунтового розрізу для вивчення фізичних властивостей ґрунту

Поверхня площадки відповідає початку генетичного обрію ґрунту. На кожній досвідченій площадці – «ключі» визначають:

1) Питому вагу кістяка ґрунту; контроль визначення у верхньому обрії п'ятикратний, в інших обріях потрібної.

2) Щільність; визначають приладом Качинського або приладом іншої конструкції; контроль десятикратний.

3) Водопроникність; вивчають методом трубок – контроль десятикратний при малих трубках і п'ятикратний – при більших. Водопроникність на поверхні ґрунту визначають методом малих площ, що заливають, біля основного розрізу; контроль визначення потрібний.

4) Вологість ґрунту; до глибини 2 м визначають попутно з визначенням питомої ваги кістяка ґрунту. З 2 м проби на вологість беруть у дні розрізу буром через кожні 10 см до глибини ґрунтових вод або, при глибокому їхньому заляганні, до 5 – 10 ж глибини. Після узяття буром проби в зразку визначають на дотик вологість і механічний склад, відзначають наявність новотворів і включень, на підставі чого становлять характеристику материнської й породи, що підстилає.

5) Вологоємність ґрунту; визначають на площадках після визначення водопроникності. Для запобігання від випару вологи площадки закривають клейонкою, травою, соломою й т. п., і через 24 годину на піщаних, через 48 годину на суглинних ґрунтах беруть проби на вологоємність по всьому зволоженому шарі ґрунту й на 20 см нижче видимої границі змоченості.

6) Профіль змоченості ґрунту; визначають замальовкою в траншеї, закладеної через центр всіх рам до глибини промочування.

7) Випар вологи із ґрунту; визначають за допомогою випарників або по режиму вологості ґрунту, для чого закладають спеціальні площадки. Випар вивчається в стаціонарних або напівстаціонарних умовах.

8) Вимір температури ґрунту; до глибини 20 см роблять термометрами Савінова, на поверхні ґрунту – терміновим, максимальним і мінімальним термометрами. Досить бажано визначати температури при вивченні випару, установлюючи один комплект термометрів на площадці штучно зволоженої, другий – на площадці із природною вологістю.

Для вивчення ґрунту в лабораторії необхідно правильно взяти зразки в полі. Зразки для визначення механічного складу, водних, теплових і інших фізичних властивостей ґрунту беруть із середини

генетичного обрію (вагою близько 1 кг) Із ґрунту вирізують прямокутний паралелепіпед висотою й довжиною 10 см і шириною 6-8 см, акуратно й щільно впаковують для доставки в лабораторію.

Зразки для мікроскопічного вивчення структури й порожності ґрунту в полі парафінують: 3 контрольних зразки розміром 5X5X5 см опускають у чашку з розплавленим парафіном, після охолодження впаковують і доставляють у лабораторію.

Для визначення питомої ваги твердої фази ґрунту в лабораторії використовують зразки, по яких було визначено у полі питома вага кістяка, або об'ємна вага ґрунту. Всі контрольні зразки однієї глибини з'єднують в одну пробу, що і доставляють у лабораторію.

Для вивчення в лабораторії коефіцієнта фільтрації й інших водних властивостей беруть моноліти ґрунтів розміром 15 x 20 x 50 і 15 x 20 x 100см.

Для вивчення динаміки липкості й твердості ґрунту беруть моноліти розміром 50 X 50 X 50 см.

Всі зазначені роботи проводяться спеціально оснащеними експедиційними загонами в полі.

3.3 Механічний аналіз ґрунту

Тверда фаза ґрунту складається з мінеральних, орґано-мінеральних і орґанічних часток розміром від молекулярних, колоїдальних величин до грубих дисперсій – мулу, пилу, піску й каменів, тому ґрунт вважається полідисперсною системою. Для вивчення ґрунту насамперед необхідне визначення розмірів, що становлять ґрунт часток і змісту часток різних розмірів у ній. Кількісне визначення в ґрунті вмісту елементарних механічних часток становить головне завдання механічного аналізу.

Механічний склад ґрунтів є важливою генетичною й агрономічною характеристикою ґрунту. При розробці генетичної класифікації ґрунтів виділяються види й різновиди досліджуваного ґрунтового типу по механічному складу.

Родючість у значній мірі пов'язана з механічним складом ґрунтів. Відомо, наприклад, що піщані й супіщані ґрунти бідні елементами їжі для рослин; глинисті й суглинні ґрунту містять їх у достатній кількості.

Від механічного складу ґрунтів залежать майже всі фізичні властивості ґрунтів: порожність, вологоємність, водопроникність, водопідйомна здатність, повітряний і тепловий режими й ін. Ці властивості значною мірою визначають ріст, розвиток і врожай сільськогосподарських культур.

Наявність глинистих часток у ґрунтах надає їм пластичність, що має велике значення при обробці ґрунтів, при використанні ґрунтів у гончарному виробництві, у формувальних цехах і т.д.

3.4 Класифікація механічних елементів ґрунту

Для правильного проведення механічного аналізу важливе знання основних класифікацій механічних елементів ґрунту.

Гранулою, або елементарною ґрунтовою часткою, називають відособлену мінеральну, органо-мінеральну або органічну частку кристалічної або амфорної будови, всі молекули якої перебувають у хімічному взаємозв'язку.

Розрізняють первинні механічні елементарні частки, які утворюються в процесі вивітрювання, дроблення гірських порід і мінералів (під впливом фізичних атмосферних факторів – температури, вітру й водних потоків), і вторинні частки, що утворюються шляхом синтезу кінцевих продуктів вивітрювання молекулярного й колоїдального розмірів, коагуляції, а також біологічним шляхом у результаті життєдіяльності вищих і нижчих рослин. З первинних часток звичайно складаються великі фракції, із вторинних – дрібні: глинисті й мулкуваті.

Дослідженнями вчених (К.Д. Глинка, А.А. Аттерберг, А.А. Роді, Мазуренко, Г.Дикий, С.С. Морозов, П.Ф. Мельников, Е.И. Кочеріна та ін.) встановлено, що частки різного розміру мають різний хіміко-мінералогічний склад і різні фізичні властивості.

Ця обставина лягла в основу класифікації часток. Питаннями класифікації механічних елементів займалися багато вчених: Кноп, Осборн, А.А. Атерберг, А.Н. Сабанін, В.Р. Вільямові, В.Т. Глушков, В.В. Охотин, Н.А. Качинский і ін. А.А. Аттерберг на підставі вивчення властивостей елементарних часток різного розміру встановив, що частки діаметром 0,2 мм мають гарну водопроникність.

Підняття води по капілярах у них здійснюється швидко, але на малу висоту. Частки розміром від 0,2 до 0,02 мм забезпечують водопроникність і водопідйомна здатність ґрунту; частки 0,02-0,002 мм слабо водопроникні, воду піднімають високо, але дуже повільно. Найгіршу водопроникність і самий повільний капілярний підйом мають ґрунту, складені із часток діаметром 0,002 мм; частки 0,02 мм здатні коагулювати в сольових розчинах, частки крупніше цього розміру – не коагулюють; частки < 0,002 мм піддані броуновському руху. З 1930 р. висновки Аттер-Юберга були покладені в основу міжнародної класифікації механічних елементів.

Н.А. Качинський, використовуючи вітчизняні дані про властивості фракцій різного розміру, запропонував свою класифікацію механічних елементів, що у цей час широко застосовується в ґрунтовій практиці.

У цій класифікації виділяється кам'яниста частина, пісок різного розміру, пил і іл. При виділенні фракції пилу й мулу в основу була покладена швидкість падіння часток у воді, т. е їх гідравлічна крупність, що визначається по формулі Стокса.

При цьому також урахувалися хімічні, водні й фізико-хімічні властивості часток. Всі частки крупніше 1 мм називаються кістяковою частиною ґрунту, менше 1 мм – мелкоземом.

3.5 Методи підготовки ґрунту до механічного аналізу

Механічні елементи, особливо дрібні, у вільному стані зустрічаються тільки в ґрунтах піщаних; у суглинні й глинисті вони з'єднані в мікроагрегати й структурні грудочки, тому для кількісного обліку часток різного розміру необхідна спеціальна підготовка ґрунту.

Основне завдання підготовки ґрунту до механічного аналізу полягає в тому, щоб розчленувати агрегати ґрунту на складові їх первинні механічні елементи або частки.

Руйнування ґрунтових агрегатів на окремі механічні елементи можна здійснити двома методами:

- 1) механічним, або фізичним і
- 2) хімічним.

3.5.1 Фізичні методи підготовки ґрунту

Руйнування ґрунтових агрегатів можна робити розтиранням сухого ґрунту в порцеляновій ступці маточкою з гумовим наконечником, розтиранням вологого ґрунту, кип'ятінням ґрунтової суспензії й збовтуванням.

Розтирання вологого ґрунту запропоноване в 1902 р. Г.Ф. Нефедовим. Останнім часом більш детально ці питання вивчені Айдиняном і в лабораторії фізики ґрунтів МГУ В.Е. Кореневської. Для диспергації навішення ґрунту поміщають у порцелянову чашку, змочують до тістоподібного стану, що приблизно відповідає вологості нижньої границі плинності. Потім протягом 10-15 хв розтирають маточкою з гумовим наконечником, після чого роблять аналіз. Описаний метод придатний для підготовки дерено-підзолистих, сірих лісових ґрунтів, у меншому ступені (у порівнянні з методом підготовки ґрунтів Н. А. Качинського) для чорноземів, що не скипають, і зовсім не застосуємо для ґрунтів карбонатних і червоноземів, суспензії яких після розтирання швидко коагулюють. Він широко застосовується для виділення часток

різного розміру при вивченні їх мінералогічного, хімічного складу й фізичних властивостей.

Кип'ятіння ґрунтової суспензії – енергійний спосіб для диспергування ґрунтів. Внаслідок неоднакового розширення мінералів у різних напрямках і набрякання ґрунтових агрегатів з підвищенням температури збільшується розтріскування й розпадання агрегатів на механічні елементи, збільшується рух часток ґрунтів і повітря, що викликає перетирання ґрунтового цементу й розпад мікроагрегатів. При нагріванні збільшується розчинність ґрунтових солей, які залежно від їхнього хімічного складу викликають диспергацію або коагуляцію ґрунтової суспензії (найчастіше спостерігається перше).

Кип'ятіння роблять звичайно при певних співвідношеннях ґрунту й води, у колбах зі зворотним холодильником.

Рекомендують різні строки кип'ятіння ґрунтової суспензії. Чим довше кип'ятіння, тим більше диспергація. Наприклад, Тищенко, застосовуючи кип'ятіння протягом 30 хв при механічному аналізі піщаного ґрунту по методу Сабаніна одержав часток <math><0,01\text{ мм}</math>- 9,6%, при кип'ятінні протягом двох годин – 13,8 % – А. М. Васильєв застосовував кип'ятіння від 8 хв до двох доби. У міру збільшення часу кип'ятіння вихід мулистий фракції зростає. При визначенні фракцій по методу Сабаніна суспензію кип'ятять одну година, по методу Зем'ятченського й Охотіна – 12 годин, при роботі за методом Вільямса застосовують подвійне кип'ятіння – 6 годин для відділення піску й великого пилу й 42 години.

3.5.2 Хімічні й хіміко-механічні методи

Для дезагрегації ґрунту застосовується ряд хімічних реагентів – кислоти й сольові розчини різних концентрацій. Хімічні прийоми впливу на ґрунт звичайно застосовують разом з механічними й фізичними способами в різних варіантах. К.К. Гедройц запропонував диспергувати ґрунт шляхом заміни поглиненого кальцію на натрій при обробці ґрунту нейтральним розчином NaCl. А.Н. Соколовський двовалентні іони в ґрунті заміняв на амоній. Однак обробка ґрунту нейтральною сіллю натрію або амонію являє собою операцію тривалу, тому солі були замінені більше швидкодіючим реактивом – соляною кислотою (у різних концентраціях), що разом з іншими реактивами знайшла широке застосування в підготовці ґрунтів.

Метод Качинського. При підготовці карбонатного ґрунту для механічного аналізу по методу Качинського навішення ґрунту в 10 м обробляють 0,2 н. HCl до припинення кипіння, а потім, як і некарбонатний ґрунт, обробляють 0,05 н. HCl до повного витиснення кальцію. Для видалення хлору ґрунт промивають водою, потім

переносять у колбу, куди додають 250 мол води й однонормальний розчин NaOH у кількості, еквівалентній ємності поглинання даного ґрунту – 1 мол на 10 м/екв ємності поглинання. Після двогодинного стояння (при збовтуванні вмісту через кожні 15 хв) суспензію кип'ятять протягом однієї години. Після кип'ятіння приступають до аналізу.

Метод Пурі. Підготовку ґрунту по методу Пурі роблять у такий спосіб: навішення ґрунту в 10-20 м заливають 100-200 мол однонормального розчину NaCl і залишають на 30 хв, періодично збовтуючи суспензію. Потім ґрунт переносять на фільтр і обробляють 500 мол 1 н. NaCl, промивають 100 мол 0,1 н. розчином NaCl. Для видалення солі із проби ґрунт промивають 10 мол дистильованої води. Після промивання ґрунт переносять у сулію, додають 500 мол води й 5 мол 0,1 н. NaOH до одержання лужної реакції по бромтимолблау й збовтують протягом години. Потім доводять обсяг суспензії до літра й аналізують піпетуванням.

У лабораторії фізики ґрунтів МГУ застосовують інший варіант цього методу: 10 м ґрунту заливають 200 мол 1 н. розчину NaCl, цю пробу залишають на 24 годину, періодично збовтуючи суспензію вручну; потім ґрунт переносять на фільтр і обробляють 0,1 н. NaCl і водою, відповідно до методу Пурі, далі ґрунт переносять у колбу місткістю 500 мол, куди додають 250 мол води й 25 мол розчину 0,1 н. NaOH. Протягом години суспензію збовтують на мішалці Качинського, потім переносять у літровий циліндр (через сито з діаметром отворів 0,25 мм), додають ще 2,5 мол 0,1 н. NaOH, додають дистильованої води до літра й визначають механічний склад методом піпетки.

3.6 Методи визначення механічного складу ґрунтів

Визначення механічного складу візуально й на дотик

При описі ґрунту в польових умовах необхідно давати характеристику гранулометричного складу, що використовується при картуванні для виділення ґрунтових різниць і складання їхньої виробничої характеристики.

Звичайно в цих умовах визначення гранулометричного складу виробляється на око й на дотик у сухому й вологому стані за наступними показниками: відчуття при розтиранні ґрунту на долоні, вид у лупу або просте око, стан сухого й вологого ґрунту, відношення вологого ґрунту або ґрунту до скочування. Останній прийом застосовується особливо широко.

Беруть 3-4 м ґрунту й воложать до робочого стану (густої пасти). Вода при цьому із ґрунту не віджимається. Добре розім'яту й перемішану в руках ґрунт розгортають на долоні в шнур, товщиною близько 3 мм, і потім звертають у кільце діаметром приблизно в 3 див.

Залежно від механічного складу ґрунту шнур при скочуванні приймає різний вид.

Ці прийоми рекомендують для роботи в польових умовах.

Просівання ґрунту на ситах. Цей метод у цей час застосовується головним чином для поділу часток $>0,1$ мм частіше ж усього – для аналізу скелетної частини ґрунту. При цьому, відповідно до рекомендації конференції по фізиці ґрунтів у Версалі 1934 р., для просівання скелетної частини ґрунтів використовують сита із круглими отворами; мелкозем просівають на дровових або шовкових ситах із квадратними отворами, які менше забиваються ґрунтом.

Приєм придатний для аналізу піщаних і кам'янистих ґрунтів.

Хід роботи – у польових умовах беруть середню пробу 1-2 кг. Ґрунт доводять до повітряно – сухого стану, потім обережно подрібнюють у ступці маточкою з гумовим наконечником для того, щоб не руйнувати самих механічних елементів, і просівають через сито з діаметром отворів в 1 мм. При цьому із ґрунту видаляють корінь. Визначають процентний вміст скелетної частини й мелкозема. Якщо кістякова частина становить 40% від ваги навішення, тоді на частку мелкозема доводиться 60%. Для видалення часток, що пристали, скелетну частину ґрунту замочують водою з розрахунку 25 мол води на 1 р. Потім ґрунт кип'ятять протягом 1 години, промивають на ситі до провітління, висушують, зважують і розділяють за допомогою набору сит діаметром 1, 3, 5, 7 і 10 мм на фракції. Фракції зважують і обчислюють їхній процентний вміст.

Механічні елементи крупніше 10 мм представляють собою уламки первісної масивної гірської породи, з якої утворився ґрунт. Частки від 30 до 3 мм є проміжними продуктами розпаду гірської породи. Вони складаються звичайно з окремих мінералів – польового шпату, мусковіту, біотиту й т.д. Частки від 3 до 0,05 мм складаються майже із чистого кварцу.

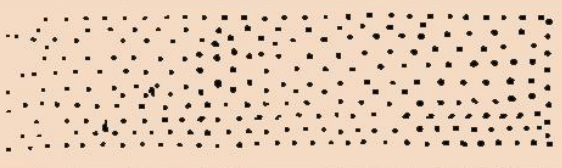
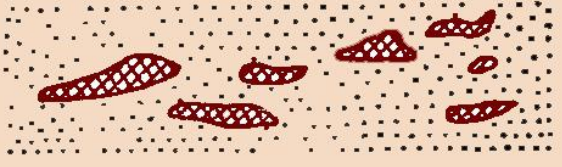




Механический состав	Морфология образца при испытании (вид в плане)
Шнур не образуется Песок	
Зачатки шнура Супесь	
Шнур, дробящийся при раскатывании Легкий суглинок	
Шнур сплошной, кольцо распадающееся при свертывании Средний суглинок	
Шнур сплошной, кольцо с трещинами Тяжелый суглинок	
Шнур сплошной, кольцо стойкое Глина	

Рисунок 3.2 – Показники «мокрого» способу визначення механічного складу ґрунтів у полі (метод розкочування)

Показатели гранулометрического состава почвы для определения его визуально и на ощупь

Группа почв и грунтов по механическому составу	Ощущение при растирании почвы грунта на ладони	Вид в лупу и простым глазом	Состояние сухой почвы и грунта	Состояние влажной почвы и грунта	Отношение к скатыванию в шнур (рис. 3)
Пески	Ощущение песчаной массы	Состоит почти целиком из зерен песка	Сыпучие	При увлажнении образуют текучую массу «песок-плывуш»	Не скатывается в шнур (1)
Супеси	Неоднородные, ощущается песок (в основном) и слабосуглинок	Преобладают частицы песка, более мелкие являются примесью	Комья легко распадаются при надавливании рукой и при подкидывании на лопате	Непластичные	При раскатывании в шнур распадаются на мелкие кусочки (2)
Легкий суглинок	Неоднородный, значительное количество глинистых частиц	Преобладает песок, глинистых частиц 20—30%	Для разрушения комьев в руке требуется небольшое усилие	Слабо пластичный	При раскатывании образуется шнур, легко распадающийся на дольки (3)
Средний суглинок	Ощущается примерно одинаковое количество песка и глинистых частиц	Еще ясно видны песчаные частицы	Сухие комья с трудом разрушаются в руке	Пластичный	При раскатывании формируется сплошной шнур, который при свертывании в колечко распадается на дольки (4)
Тяжелый суглинок	Ощущается небольшая примесь песчаных частиц	Преобладают пылеватые глинистые частицы, песчаных почти нет	Сухие комья невозможно разрушить сжатием в руке	Хорошо пластичный	При раскатывании легко образуется шнур, в кольцо свертывается, но дает трещины (5)
Глина	Очень тонкая однородная масса, трудно растираемая в порошок	Однородный тонкий порошок, песчаных частиц нет	Образует твердые комья, не распадающиеся от удара молотка	Хорошо пластичная, липкая, мажущаяся масса	При раскатывании в шнур легко свертывается в колечко, не трескается (6)

Практичні завдання

1. Візьміть пробу ґрунту 1-2 кг.
2. Доведіть ґрунт до повітряно – сухого стану, потім обережно подрібнюють у ступці маточкою з гумовим наконечником для того, щоб не руйнувати самих механічних елементів.
3. Просійте пробу ґрунту через сито з діаметром отворів в 1 мм. При цьому із ґрунту видаляють корінь.
4. Визначте механічний склад ґрунту візуально й на дотик.
5. Відповідно до отриманих на занятті знань дайте характеристику механічного складу ґрунту методом розкочування (рис.3.2).

Питання для самоконтролю

1. З чого складається вивчення фізики ґрунту?
2. Розкажіть про методи вивчення фізичних властивостей ґрунту.
3. Загальні принципи класифікації механічних елементів ґрунтів Н.А. Качинського.
4. Методи підготовки ґрунту до механічного аналізу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ

План

- 4.1. Галузі практичного використання знання про фізичні властивості і процеси у ґрунтах.
- 4.2. Гранулометричний склад ґрунтів.
- 4.3. Побудова інтегральної кривої розподілу гранулометричних часток.
- 4.4. Переклад назви ґрунту по гранулометрії з вітчизняної в міжнародну класифікацію.

4.1 Визначення гранулометричного складу ґрунту

Сучасне природознавство все більшою мірою починає використовувати кількісні методи: це пов'язане з необхідністю не тільки кількісно описати й оцінити природну ситуацію, але й дати науково – обґрунтований прогноз її розвитку. Тому від грамотного їхнього використання методів багато в чому залежить точність знаходження оптимального рішення.

Знання фізичних властивостей і процесів у ґрунтах пов'язане із двома основними аспектами, – з оцінкою ґрунту як середовища, що обумовлює продуктивність рослин, так і з її функціональною роллю в біосфері в цілому. Перший аспект (агрофізичний) пов'язаний з кількісною оцінкою властивостей твердої фази ґрунту, такими як її дисперсність, порожність, агрегатний склад і ін. Саме ці ґрунтові фізичні властивості враховуються при розробці агротехнічних і меліоративних заходів. Уміння правильно їх розраховувати, знання границь застосування тієї або іншої формули розрахунку й методу дослідження основних агрофізичних властивостей ґрунту – одне з основних завдань практичних занять з навчальної дисципліни «Ґрунтознавство».

Другий аспект (ґрунтово-екологічний) обумовлений характеристиками ґрунту, пов'язаними з її здатністю втримувати й проводити потоки води, газів, тепла, тобто з розрахунком енерго- і масопереносу в ґрунті. Сучасна фізика ґрунтів розробила спеціальний апарат для точного розрахунку таких потоків, основні теоретичні, методичні й розрахункові частини становлять розділ по прогнозованому моделюванню переносу води й речовин у ландшафті. Тому точне використання фізичних величин і параметрів, правильне застосування термінологічних понять визначає подальший розвиток ґрунтознавства як кількісної науки про ґрунт – унікальним природним тілом, що володіє властивістю родючості.

4.2 Гранулометричний склад ґрунтів

Під гранулометричним складом ґрунтів і ґрунтоутворюючих порід розуміють відносний вміст у ґрунті елементарних ґрунтових часток різного розміру, незалежно від їх мінералогічного й хімічного складу. Гранулометричний склад виражається насамперед у вигляді масових відсотків фракцій гранулометричних часток різного розміру.

Основні завдання цього практичного заняття є:

- 1) поданням даних гранулометричного складу у вигляді кумулятивної (інтегральної) кривої;
- 2) переклад назви ґрунту по гранулометрії з вітчизняної в міжнародну класифікацію.

4.3 Побудова інтегральної кривої розподілу гранулометричних часток

При побудові інтегральної кривої розподілу гранулометричних часток використовується рівномірно-логарифмічний масштаб шкали діаметрів часток, що відкладають по осі абсцис. По осі ординат відкладається вміст (в % до маси абсолютно сухого ґрунту) часток менш конкретного діаметра. При використанні класифікації Н.А. Качинського для гранулометричних часток ґрунту, становлять 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,025 і 1,0 мм. Логарифми цих діаметрів, відповідно, рівні: -3,00; -2,30; -2,00; -1,30; -0,60 і 0,00. Ці величини відзначають на рівномірній шкалі осі абсцис. Для кожного значення діаметра часток відкладають процентні вмісти всіх часток дрібніше цього діаметру, тобто. часток <0,001, <0,005, <0,01, і т.д. Інакше кажучи, по осі ординат відкладають кумулятивний вміст часток фракцій, що може бути отримано підсумовуванням фракцій меншого розміру аж до даної фракції. Отримані крапки з'єднують плавної кривої. Таким чином, кумулятивна крива, починаючись зі значень вмісту мулу (<0,001мм), безупинно зростає, наближаючись до 100% при величинах діаметрів самих великих часток.

Приклад 1. У результаті гранулометричного аналізу чорнозему отримані наступні вмісти фракцій:

- <0,001 мм – 37,5%,
- 001- 0,005 мм – 8,9%,
- 005-0,01 мм – 18,9%,
- 01-0,05 мм – 30,2%,
- 05 -0,25 мм – 3,5%

25-10 мм – 10 %.

Побудувати кумулятивну криву розподілу гранулометричних часток по розмірах.

Рішення. По осі ординат для відповідних логарифмів діаметрів відкладаємо: для -3.00- 37.5%, для -2.30 – 46.4%, для -2.00 – 65.3%; для -1.30 – 95.5%, для -0.60 – 99.0% і для в.00 – 100.0%. Кумулятивна крива представлена на рис 4.1.

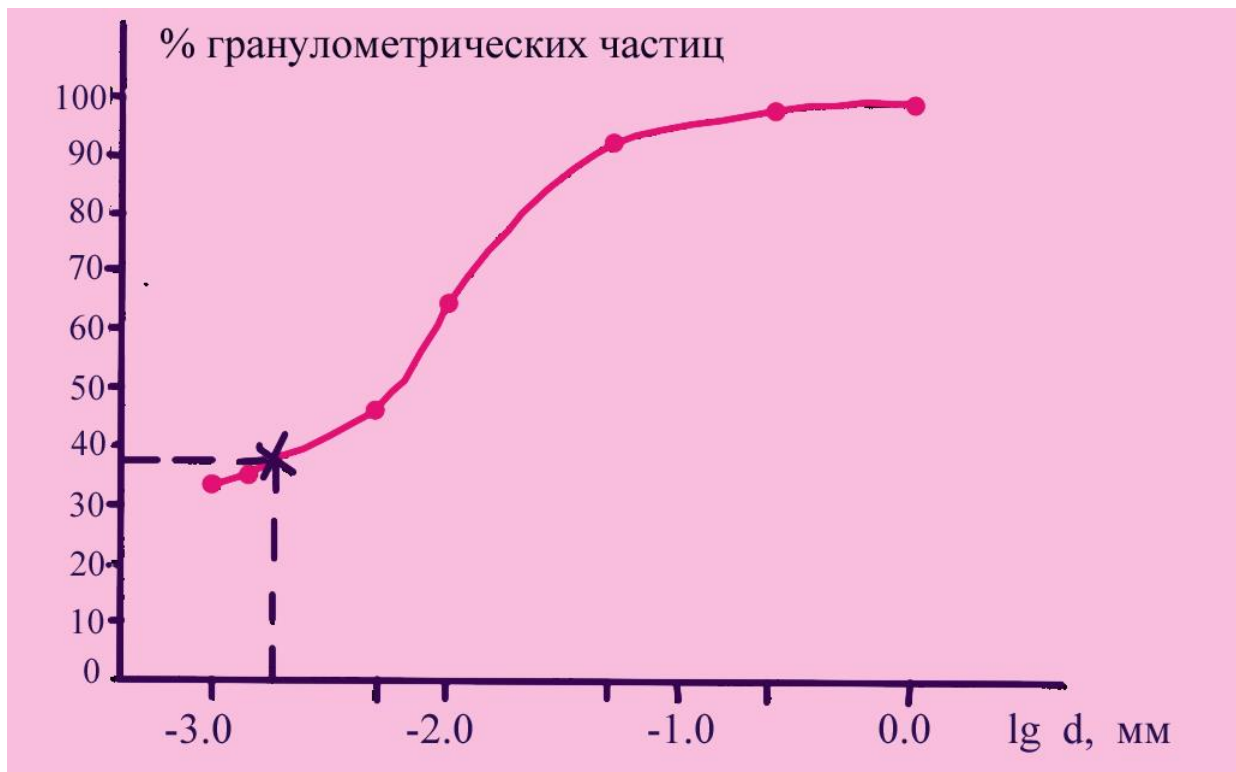


Рисунок 4.1 – Кумулятивна (інтегральна) крива розподілу гранулометричних елементів по розмірах

4.4 Переклад назви ґрунту по гранулометрії з вітчизняної в міжнародну класифікацію

У ґрунтознавстві відомо кілька класифікацій механічних елементів, проте загально визнаною є класифікація Н.А. Качинського, яку широко використовують у навчальній і науковій літературі (табл. 4.1).

Побудова кумулятивних кривих гранулометричного складу ґрунтів необхідно насамперед для грамотного й точного перекладу назви з вітчизняної класифікації в міжнародну.

Як відомо, границі фракцій у цих класифікаціях не збігаються; тому й неможливий прямий перехід з однієї в іншу. Границі фракцій у міжнародній: пісок 2-0,005, пил 0,05-0,002 і мул <0,002 мм. Для визначення процентного вмісту цих фракцій на осі абсцис знаходять

крапки, що відповідають границям цих трьох фракцій: 0.05 і 0.002 мм, або на рівномірній логарифмічній шкалі -1.30 і -2.70. Значення -2.70 буде відповідати на ординаті вмісту мулу, а -1.30 – вмісту мулу+пилу. Пісок неважко визначити по різниці (100-(мул+пил)). Таким чином, визначають вміст фракцій мулу, пилу й піску, що відповідають міжнародної класифікації. Класифікаційну приналежність ґрунту в міжнародній класифікації визначають, користуючись трикутником Ферре. Він зображений на рис.4.2. Для цього на лівій стороні трикутника, де відкладений вміст мулистих часток, знаходять крапку, що відповідає вмісту мулу (<0.002 мм). Із цієї крапки проводять пряму паралельну підставі. Потім на правій стороні трикутника (вміст пилу) також знаходять крапку, що відповідає вмісту пилу в досліджуваному ґрунті.

Таблиця 4.1 – Класифікація елементарних ґрунтових частинок (за Н.А.Качинським)

Назва фракції механічних елементів	Розмір механічних елементів, мм
Каміння	>3
Гравій	3-1
Пісок крупний	1-0.5
Пісок середній	0.5-0.25
Пісок дрібний	0.25-0.05
Пил крупний	0.05-0.01
Пил середній	0.01-0.005
Пил дрібний	0.005-0.001
Мул грубий	0.001-0.0005
Мул тонкий	0.0005-0.0001
Колоїди	<0.0001

І з її проводять лінію, паралельну лівій стороні – паралельно осі "вміст мулу". Дві прямі лінії перетнуться усередині трикутника в деякій крапці, у якій також попадає третя лінія, проведена паралельно осі "пил" із крапки, що відповідає вмісту піску на підставі трикутника. Ця крапка перетинання трьох ліній трикутника обов'язково виявиться усередині якої-небудь області, відповідальної за певну класифікаційну групу ґрунтів по гранулометрії.

Таким чином, вітчизняна класифікація ґрунтів, заснована на співвідношенні фізичної глини й фізичного піску в ґрунті (див. А.Ф.Вадюнина. З.А.Корчагіна "Методи дослідження фізичних властивостей ґрунтів", 1986.С.44), є по суті двохчленною, а міжнародна – враховуючого співвідношення трьох фракцій (пил, пісок, мул), – тричленною. Перехід з однієї в іншу можливий лише через побудову

кумулятивної кривої, знаходження вмісту зазначених трьох фракцій і визначення класифікаційної приналежності ґрунту по трикутнику Ферре.

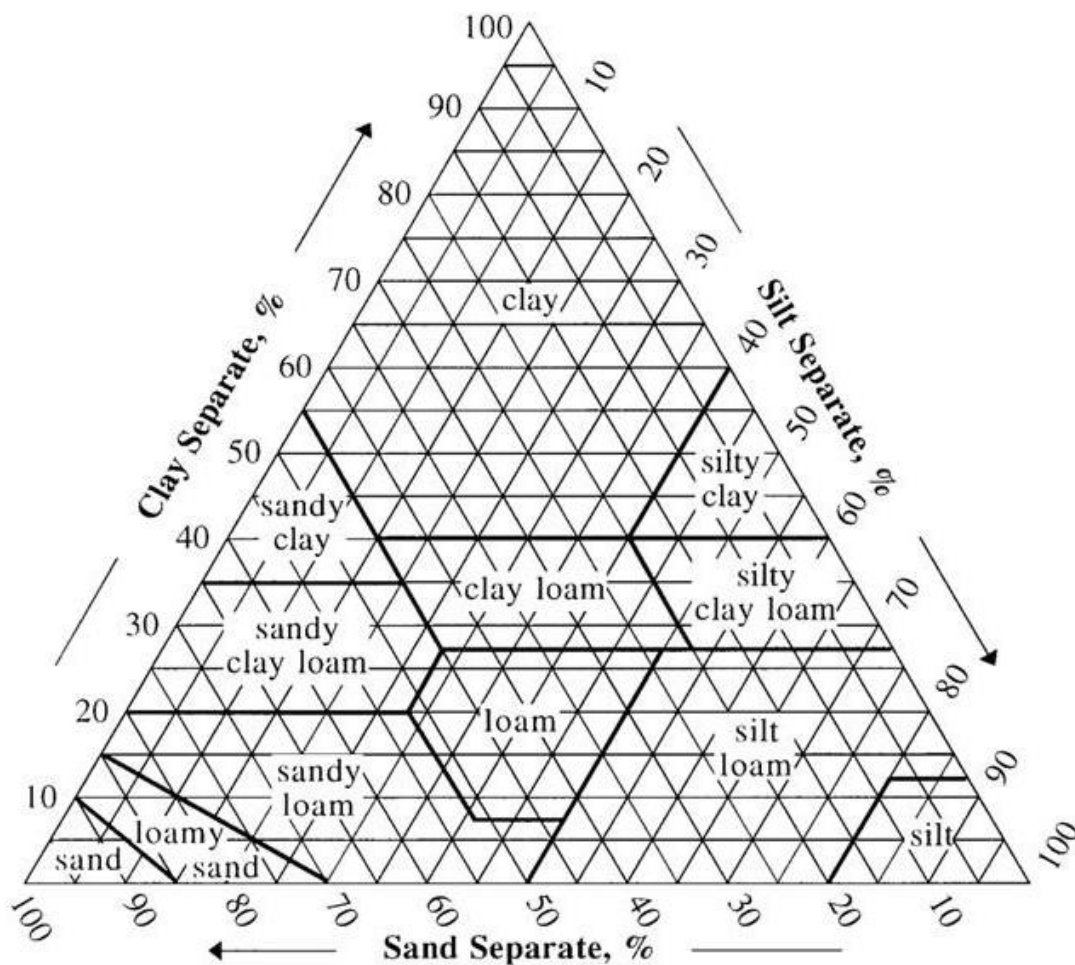


Рисунок 4.2 – Трикутник Ферре для класифікації ґрунтів по гранулометричному складу.

Clay – Глина ; Sandy clay – Піщана глина; Silty clay – Мулиста глина;

Clay loam – Суглинок; Sandy clay loam – Піщаний суглинок;

Silty clay loam – Мулистий суглинок; Sand – Пісок;

Loamy sand – Глиняний пісок; Sandy loam – Супіски;

Loam – Суглинок; Silt loam – Мул суглинків; Silt – Мул

Приклад 2. Визначити класифікаційні назви по гранулометрії чорнозему по вітчизняній і міжнародній класифікаціям гранулометричний склад якого представлений у прикладі 1.

Рішення. Чорнозем по вітчизняній класифікації відноситься до глини легкій крупнопилеватої – муловатої (вміст фізичного піску становить 34,7%, переважає фракція мулу, потім великого пилу. Необхідно розрахувати вміст фракцій піску, пилу, мулу по міжнародній

класифікації. Для цього по кумулятивній кривій (рис.1.1) для крапки на осі абсцис, що відповідає діаметру мулистих часток (-2,70) визначимо вміст мулу. Воно становить 38,5%. Вміст (пилу+мулу), що відповідає границі фракцій <0,05, досягає 95,4%, а пилу відповідно 95,5 – 38,5 – 57,0%, піску – 4,5%. По трикутнику Ферре (рис.4.2) досліджений чорнозем відноситься до мулистого суглинку.

Завдання на самопідготовку:

В таблиці 4.2 наведено вміст фракцій гранулометричних елементів різних зразків ґрунтів.

Таблиця 4.2 – Вміст фракцій гранулометричних елементів різних зразків ґрунтів

№ зразка	Вміст фракцій, %								
	> 3	3 -1	1-0,5	0,5 – 0,25	0,25 – 0,05	0,05 – 0,01	0,01 – 0,005	0,005 – 0,001	< 0,001
1	-	-	2	2	7	40	11	10	28
2	-	-	3	3	18	48	8	10	10
3	-	-	4	8	22	33	6	12	15
4	-	9	9	9	23	5	1	9	35
5	4	13	9	13	26	15	5	8	7
6	5	12	8	14	28	13	5	7	8
7	-	10	8	8	24	4	2	8	36
8	-	8	10	11	22	3	2	10	34
9	-	-	3	1	6	41	11	9	29
10	-	-	5	5	20	41	9	11	9
11	1	-	2	2	6	38	13	12	26
22	-	2	3	3	16	48	6	12	10
13	-	2	4	6	22	32	7	12	15
14	2	7	9	8	23	5	2	7	37
15	4	14	9	12	26	16	4	8	7
16	5	13	7	14	27	14	5	7	8
17	-	12	6	8	22	6	2	8	36
18	-	6	12	11	22	3	4	10	32
19	-	2	3	1	4	41	12	9	28
20	-	-	5	4	21	41	9	11	9
21	-	1	1	2	6	41	11	10	28
22	-	2	3	3	16	44	8	14	10
23	-	2	2	8	22	33	6	13	14
24	-	9	8	9	24	5	2	8	35
25	3	14	9	13	27	14	5	8	7

1. Побудувати інтегральну криву розподілу гранулометричних часток.

2. Дати назви по гранулометричному складу всіх зразків:

- а) по вітчизняній класифікації;
- б) по міжнародній за допомогою трикутника Ферре.

Питання для самоконтролю:

1. Укажіть розміри часток, що відносяться до фракції фізичної глини у вітчизняній і міжнародній класифікаціях.
2. Чи можна назву ґрунту по гранулометричному складу по міжнародній класифікації перевести в назву по вітчизняній без залучення додаткових даних.
3. Назвіть галузі практичного використання знання про фізичні властивості і процеси у ґрунтах.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ВОДНИЙ БАЛАНС ТА ЙОГО СКЛАДОВІ (ЕВАПОТРАНСPIРАЦІЯ Й ТРАНСPIРАЦІЯ)

План

- 5.1 Рішення завдань по балансу води.
- 5.2 Евапотранспірація.
- 5.3 Транспірація.
- 5.4 Практичне завдання.

5.1 Рішення завдань по балансу води

Рішення завдань по балансу води припускає складання балансового рівняння, у якому всі прибуткові статті приводяться з позитивним знаком, а видаткові – з негативним. Сума прибуткових і видаткових статей за певний період (нев'язання балансу) являє собою зміну запасів води в розрахунковій ґрунтовій товщі: їхнє нагромадження у випадку позитивної різниці, або зменшення при негативній.

Приклад 1. За вегетаційний період транспірація склала 200 мм водн. ш., фізичний випар – 50 мм, поверхневий стік -15 мм, внутрішньо ґрунтовий (горизонтальний й вертикальний) – 20 мм, опади – 185 мм, поверхневий приплив із сусідніх територій -. 5 мм, усередині – ґрунтовий горизонтальний – 5мм, а вертикальний-10 мм.

Розрахувати запаси води в товщі ґрунту заданої потужності наприкінці вегетаційного періоду, якщо в його початку ґрунт мав запаси вологи 350 мм водн. ш.

Рішення. Складаємо балансове рівняння. Прибуткові статті (зі знаком "+") – це опади, внутрішньо ґрунтові припливи, а видаткові (зі знаком "-") – фізичний випар і транспірація (нерідко їхня сума

називається евапотранспірацією), внутрішньо ґрунтовий і поверхневий стоки:

$$185 + 5 + 5 + 10 - 200 - 50 - 15 - 20 = -80 \text{ [мм водн. ш]}$$

За вегетаційний сезон втрати ґрунтової вологи з розрахункової ґрунтової товщі склали 80 мм. Тоді наприкінці вегетаційного періоду запаси вологи досягнуть:

$$350 - 80 = 270 \text{ [мм водн. ш].}$$

При рішенні завдань, пов'язаних з балансом вологи, першою й обов'язковою умовою є необхідність вираження всіх складових водного балансу в одних розмірностях. Це, як правило, розмірності загальної кількості води. Тільки при дотриманні цієї умови можливо складати прибуткові – статті (опади, зрошувальні води, підтік із ґрунтових вод, конденсація й ін.). Загальною рисою цих одиниць (назвемо їх балансовими) є те, що кількість води в них віднесене до одиниці площі поверхні. Зроблено це для зручності: заздалегідь обумовлюється площа, для якої розглядається водний баланс, наприклад 1 га. Для цієї площі й ведуться розрахунки. Потім, при необхідності результати розрахунку поширюють на весь досліджуваний регіон, множачи на його площу.

Отже, **балансові одиниці** – це відносини обсягу води на одиницю площі поверхні – L^2/L^2 . Звичайно використовувані розмірності: $\text{м}^3/\text{га}$, $\text{л}/\text{м}^2$, тобто кількість води (м^3 , л) на одиницю площі (га, м^2). Похідні, але найбільше часто застосовувані балансові одиниці (одиниці довжини) – $L - L^3/L^2$. Однак, для того, щоб підкреслити їхню приналежність до водно-балансових розрахунків, указують, що це висота (товщина) водного шару (мм водн. ш, см водн. ш). Реально ці одиниці означають, якої товщини шар води перебуває на поверхні незалежно від її площі. Дійсно, якщо обсяг води вимірявся в м^3 , а площа в м^2 , то шар води на поверхні буде обмірюваний у м водн. ш. Останні неважко перевести в мм водн. ш.

Застосування балансових одиниць зручно для розрахунків. Однак не варто забувати, за рахунок чого в балансових одиницях вийшли розмірності довжини, і що вони означають. Тому що складові водного балансу виміряються в різних одиницях залежно від методів їхнього визначення, перша група завдань зв'язана насамперед з перекладом величин складових водного балансу в балансові одиниці, тобто у вираження обсягу води на одиницю площі або в товщину водного шару.

Друга умова при рішенні балансових завдань, – розгляд прибутково-видаткових статей для конкретного проміжку часу (декада, вегетаційний сезон, рік і т.п.). При підведенні балансу говорять про тип

гідрологічного циклу (декадного, річного, вегетаційного) як про накопичувальному або дефіцитному. Таким чином, при балансових розрахунках повинна бути строго обговорена тривалість розрахункового періоду, або гідрологічного циклу.

І, нарешті, третя умова при рішенні водно-балансових завдань у ґрунтознавстві: строго обмовляється для якого по потужності ґрунтового шару проводяться розрахунки. Дійсно, співвідношення прибуткових і видаткових складових водного балансу для певного проміжку часу приведе до якої-небудь зміни запасів у конкретному ґрунтовому шарі. Від величини цього ґрунтового шару будуть залежати й розподіл прибутково-видаткових статей, і в остаточному підсумку, висновок про тип гідрологічного циклу. Величину цього ґрунтового шару варто завжди вказувати. У меліорації цей шар називають розрахунковим, тому що саме для нього розраховують норму поливу й інші характеристики меліоративних заходів. Нерідко просто вказують: для шару 150 і 100 см і т.п.

Кінцевим підсумком при рішенні водно-балансових завдань найчастіше є висновок про той або інший тип гідрологічного циклу певної тривалості для строго конкретної товщини ґрунтового шару.

До цього типу завдань примикають і завдання по знаходженню окремих складових водного балансу. Це насамперед завдання по визначенню норми поливу у випадку зрошення, дренажного стоку при осушенні поверхневого стоку, особливо важливого для складання протиерозійних заходів. Для рішення цих завдань мають у своєму розпорядженні дані про запаси вологи в розрахунковому шарі, їхній зміні (або необхідності їхньої зміни до певного рівня) за даний проміжок часу й набором прибуткових і видаткових статей за винятком однієї, шуканої. Далі складається рівняння водного балансу, у якому різниця прибуткових і видаткових статей включаючи шукану, прирівнюється до зміни, запасів вологи за певний період у конкретному ґрунтовому шарі.

Отже, зупинимося на характерних завданнях, пов'язаних з виконанням першої умови: вираженням всіх складових водного балансу в балансових одиницях. Розглянемо рішення цих завдань для деяких окремих складових водного балансу.

5.2 Евапотранспірація

Приклад 2. Розрахувати евапотранспірацію (у мм водн. ш.) за певний проміжок часу (5 діб) і інтенсивність евапотранспірації (у мм/діб) за даними про зважування закритого лізіметра (типу ГПІ-500-100). Початкова вага лізіметра – 120,6 кг, кінцева – 118,1 кг.

Рішення. Кількість води, витраченої на евапотранспірацію, становить

$$120,6 - 118,1 = 2,5 \text{ [кг]}.$$

Це вага евапотранспірованої води за 5 діб. Її обсяг складе 2500 см^3 при щільності води 1 г/см^3 . Така кількість води випарувалося з лізіметра, площа поверхні ґрунту в якому дорівнює 500 см^2 (позначення ГПІ-500-100 указує, що площа поверхні, що випаровує, дорівнює 500 см^2 , а потужність розрахункового шару – 100 см). Тоді евапотранспірація за 5 діб складе

$$\frac{2500}{500} = 5 \text{ [см водн. ш.]}$$

Інтенсивність евапотранспірації в цей проміжок часу дорівнює

$$\frac{50}{5} = 10 \text{ [мм/діб]}.$$

5.3 Транспірація

Приклад 3. Транспірація, обмірювана методом швидкого зважування зрізаних пагонів, склала в середньому за добу $20 \text{ мг/г} \cdot \text{хв}$.

Розрахувати транспірацію в мм водн. ш. за 1 доб, якщо біомаса рослин становить 10 ц/га .

Рішення. Транспірація в зазначеному вираженні означає, що випаровується 20 мг води у хв із 1 г рослини. За добу випарується

$$20 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \times \frac{\text{хв}}{\text{хв}} \right| \times 1440 \left| \frac{\text{хв}}{\text{хв}} \right| = 28800 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right| = 28,8 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right| = 28,8 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right| = 28800 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right|$$

При біомасі рослин 10 [ц/га] або 1000 [кг/га] кількість транспірованої води з 1 га складе

$$28800 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right| \times 1000 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right| = 28800000 \left| \frac{\text{г}}{\text{г}} \right|$$

$$1 \text{ га} - \text{це } 100 \text{ м} \times 100 \text{ м} = 10000 \text{ [м}^2\text{]} = 10000 \times 10000 \text{ [см]} = 10^8 \text{ [см}^2\text{]}.$$

Для розрахунку транспірації в см водн. ш. треба кількість транспірованої води в см віднести до площі, вираженої також у см², тобто

$$\frac{2,88 \times 10^7 |\tilde{n}\dot{i}^3|}{10^8 |\tilde{n}\dot{i}^2|} = 0,288 \text{ [см водн. ш./доб]}.$$

5.4 Практичні завдання

Завдання 1.

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 1 наведені в табл.5.1.

Задача 1. Розрахувати запаси води в товщі ґрунту заданої потужності наприкінці вегетаційного періоду, якщо в його початку ґрунт мав запаси вологи 500 мм водн. ш.

Таблиця 5.1 – Варіанти для виконання практичного завдання № 1

№ варіанту	Транспірація мм водн. ш.	Фізичний випар мм	Поверхневий стік мм	Внутрішньогрун- товий стік мм	Опади мм	Поверхневий приплив мм	Горизонтальний приплив мм	Вертикальний приплив мм
1	210	60	40	30	180	10	15	20
2	200	70	30	20	170	20	20	15
3	180	50	20	25	160	25	15	20
4	160	40	10	35	120	15	10	15
5	220	80	50	40	200	30	25	20
6	150	30	10	15	170	5	10	15
7	170	45	15	10	150	10	5	10
8	250	75	35	45	220	25	20	5
9	230	80	20	30	210	15	30	20
10	190	55	25	25	140	20	10	15
11	220	50	40	40	170	10	15	20
12	210	60	30	30	160	30	10	15
13	180	50	10	35	150	35	15	20
14	150	50	20	25	120	15	10	15
15	230	70	40	60	200	30	25	20
16	160	25	10	15	170	5	5	15

17	170	35	25	10	150	10	5	10
18	250	65	45	35	230	25	20	5
19	220	90	20	40	210	15	20	20
20	180	65	15	35	140	20	10	15
21	200	70	50	20	180	10	15	20
22	220	50	30	20	170	10	30	15
23	180	40	60	25	160	15	15	30
24	170	30	10	35	110	25	10	15
25	210	80	60	30	210	20	35	20

Завдання 2.

1. Получити у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 2 наведені в табл.5.2.

Задача 2. Розрахувати евапотранспірацію (у мм водн. ш) за певний проміжок часу і інтенсивність евапотранспірації (у мм/діб) за даними про зважування закритого лізіметра (типу ГГІ-500-100).

Таблиця 5.2 – Варіанти для виконання практичного завдання № 2

№ варіанту	проміжок часу (доби)	Початкова вага лізіметра (кг)	Кінцева вага лізіметра (кг)
1	10	120,8	117,2
2	9	118,7	115,3
3	8	125,5	123,5
4	7	132,1	130,4
5	6	108,5	105,7
6	5	107,6	104,9
7	4	105,7	103,1
8	3	114,6	112,2
9	2	127,8	125,1
10	11	124,3	121,8
11	7	122,6	116,2
12	10	116,8	117,3
13	9	122,5	113,5
14	8	134,4	131,6
15	7	118,7	115,9
16	6	127,6	124,9
17	8	135,7	133,1
18	4	124,4	122,6
19	3	117,6	115,4
20	10	134,5	131,8
21	11	110,5	107,4
22	9	138,7	135,3
23	10	115,6	113,4
24	7	122,4	120,8
25	8	118,7	115,8

Завдання 3.

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 3 наведені в табл.5.3.

Задача 3. Розрахувати транспірацію в мм водн. ш. за 1 добу з урахуванням біомаси рослин.

Задача 4. Розрахувати величину поверхневого стоку за декадний період, якщо відомо, що на поверхню ґрунту в цей час надійшло 20 мм водн.ш опадів, транспірація склала 0,3 мг/г.хв, біомаса – 10 ц/га, інтенсивність фізичного випару 1,68 м³/га доб, внутрішньо ґрунтовий стік 12 мм.

Таблиця 5.3 – Варіанти для виконання практичного завдання № 3

№ варіанту	Транспірація, обмірювана методом швидкого зважування зрізаних пагонів, склала в середньому за добу (мг/г *хв.)	біомаса рослин (ц/га)
1	10	15
2	15	12
3	20	14
4	30	20
5	5	18
6	18	7
7	25	16
8	12	8
9	8	10
10	16	17
11	12	14
12	16	11
13	22	16
14	23	24
15	15	14
16	8	27
17	15	26
18	22	18
19	7	20
20	26	17
21	30	25
22	25	22
23	30	24
24	20	12
25	15	28

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6 ВОЛОГІСТЬ ҐРУНТІВ

План

- 6.1 Вологість ґрунту. Запаси вологи.
- 6.2 Засоби вираження вологості.
- 6.3 Практичні завдання

6.1 Вологість ґрунту. Запаси вологи

Вологість ґрунту, W , звичайно визначають як відношення маси води в зразку до маси абсолютно сухого ґрунту даного зразка, тобто

$$W|\%| = \left(\frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \right) \times 100|\%|$$

або

$$W|\%| = \left(\frac{m_{\text{вл}}}{m_{\text{сух}}} \right) \times 100 = \frac{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \times 100|\%|, \quad (6.1)$$

де $m_{\text{вл}}$ – маса вологого зразка,

$m_{\text{сух}}$ – маса абсолютно сухого зразка ґрунту.

Таке вираження зветься **масової вологості**, або **вологості в масових (вуст. – вагових) відсотках**. Воно позначає, що маса води становить певний відсоток від маси абсолютно сухого ґрунту.

Вологість звичайно визначають так званим термоваговим методом. У цьому методі в алюмінієвий стаканчик поміщають зразок досліджуваного на вологість ґрунту, зважують, сушать його до абсолютно сухого стану й знову зважують. Окремо зважують і стаканчик. Якщо відомі маси: маса стаканчика (m_1), маса стаканчика з вологим ґрунтом (m_2) і маса стаканчика з абсолютно сухим ґрунтом (m_3), то вологість розраховують по формулі:

$$W|\%| = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100\%, \quad (6.2)$$

Приклад 1. Розрахувати вологість ґрунту, якщо маса стаканчика 22,5 г, маса стаканчика з вологим ґрунтом – 65,4 г, а після сушіння – 55,1 г.

Рішення. Використаємо вищенаведену формулу (6.2), де m_1 –22,5; m_2 –65,4; m_3 – 55,1 г.

$$W = \frac{(65,4 - 55,1)}{(55,1 - 22,5)} \times 100 = 31,6\%$$

Указувати більше одного знака після коми для термовагового методу недоцільно, а іноді навіть помилково.

Нерідкі випадки, коли доводиться вирішувати й інші завдання, пов'язані з визначенням не тільки вологості, але й маси абсолютно сухого ґрунту, маси води в зразку й ін. Наприклад, часто для експериментальних робіт буває необхідно розрахувати кількість вологості, що додає в ґрунт для підтримки, або створення в ґрунті вологості, близької до якої-небудь величини. Розглянемо кілька конкретних прикладів рішення подібних завдань.

Приклад 2. У спеціальному дослідженні з монолітом ґрунту розмірами 10 x 10 x 20 см необхідно створювати вологість, близьку до найменшої вологості (НВ)-17%. Скільки необхідно долити води, якщо початкова вологість моноліту 5 %, а його маса-2,7 кг?

Рішення. Розрахуємо кількість води, що втримується в моноліті перед поливом. Для цього спочатку необхідно розрахувати масу абсолютно сухого ґрунту. Це можна зробити на підставі деякої трансформації вищенаведеної формули (6.1):

$$m_{\text{вл}} = \frac{m_{\text{д}} \times 100}{100 + W} = \frac{2,7 \times 100}{105} = 2,57 \text{ [кг]}$$

де $m_{\text{вл}}$ – маса вологого ґрунту.

Розраховуємо кількість води в моноліті:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{д}} - m_{\text{вл}} = 2,70 - 2,57 = 0,13 \text{ [кг]}$$

Розрахуємо кількість води в моноліті при НВ – 17%. Знаючи абсолютно суху масу ґрунту, це неважко зробити (см. формулу 6.1):

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{д}} \times \frac{W}{100} = 2,57 \times 0,17 = 0,44 \text{ [кг]}$$

Отже, кількість води, необхідне для створення вологості рівної НВ, повинне скласти:

$$0,44 - 0,13 = 0,31 \text{ [кг]}.$$

Можливі завдання подібного типу, зв'язані зі спеціальними експериментами, у яких необхідно розрахувати послідовно мінливу вологість, ґрунти, якщо відомі кінцева вологість і кількості що впливає (паркої) із ґрунтового зразка води. Рішення цих завдань іноді називають "методом зворотного перерахування", цей метод широко використовується в гідрофізичних дослідженнях. Розглянемо його на прикладі.

Приклад 3. При дренаванні ґрунтового зразка, спочатку, на першому етапі, витекло 5 мл, а потім, на другому при більше високому розрідженні – 1,5 мл. Кінцева вологість ґрунту й маса зразка склали 23% і 500 г. Визначити вологість ґрунту на 1- і 2-ом етапах дренавання, а також початкову вологість ґрунту.

Рішення. Розрахуємо масу абсолютно сухого зразка ґрунту

$$m_{\text{н2о}} = \frac{m_{\text{д}} \times 100}{100 + W} = \frac{500 \times 100}{100 + 23} = 406,5 [\text{г}]$$

Кількість води, що втримується в зразку наприкінці експерименту складе

$$500 - 406,5 = 93,5 [\text{г}].$$

Неважко визначити кількість води в ґрунті після другого етапу дронування

$$93,5 + 1,5 = 95 [\text{г}]$$

і вологість після першого етапу (або перед другим етапом):

$$W = \frac{95}{406,5} \times 100 = 23,4\%|$$

Точно так само можна визначити спочатку кількість води, а потім і вологість на початку експерименту:

$$\begin{aligned} \text{кількість води} &= 95 + 5 = 100 \text{ г}, \\ \text{а вологість } W &= \frac{100}{406,5} \times 100 = 24,6\%| \end{aligned}$$

У цілому можна відзначити, що завдання подібного типу, властиві в основному лабораторним експериментам, пов'язані з послідовним визначенням маси води, маси вологого ґрунту або маси абсолютно сухого ґрунту по відомій вологості ґрунту і який-небудь відомої з перерахованих мас. Для рішення цих завдань рекомендується користуватися таблицею 6.1., у якій викладені формули розрахунку для визначення невідомих параметрів по якому-небудь відомому (або масі абсолютно-сухого ґрунту $m_{\text{сух}}$, або масі води в зразку – $m_{\text{н2о}}$, або вологого ґрунту $m_{\text{вл}}$) і вологості ґрунту $W, \%$.

Таблиця 6.1 – Довідкова таблиця для розрахунку мас води, вологого й абсолютно-сухого ґрунтів по відомій вологості й однієї з перерахованих мас

Відомі	Необхідно розрахувати		
	m_{H_2O}	$m_{вл}$	$m_{сух}$
Маса абс-сухого ґрунту ($m_{сух}$)	$\frac{m_{\tilde{H}_2O} \times W}{100}$	$\frac{m_{\tilde{H}_2O} \times (W + 100)}{100 + m_{\tilde{H}_2O}}$	
Маса вологого ґрунту ($m_{вл}$)	$m_{\tilde{H}_2O} - \frac{m_{\tilde{H}_2O} \times 100}{100 + W}$		$\frac{m_{\tilde{H}_2O} \times 100}{100 + W}$
Маса води – m_{H_2O}		$m_{H_2O} + \frac{m_{H_2O} \times 100}{W}$	$\frac{m_{H_2O} \times 100}{W}$

Користуватися довідковою таблицею можна в такий спосіб: у вертикальному лівому стовпці необхідно знайти відомий параметр, а в горизонтальному верхньому рядку, – параметр, що потрібно визначити. На перетинанні відшукується формула для перерахування (табл. 6.1).

6.2 Засоби вираження вологості

1. Для вираження вологості в об'ємних відсотках або знаходження об'ємної вологості, обсяг води відносять до обсягу ґрунту:

$$\theta, \% = (\text{обсяг води} : \text{обсяг ґрунту}) \times 100\% .$$

Об'ємна вологість позначає, що в розглянутому обсязі ґрунту вода займає певний відсоток цього обсягу; інший обсяг ґрунту зайнятий повітрям і твердою фазою. Для того, щоб перейти від масових до об'ємних відсотків треба масу води й, абсолютно сухого ґрунту розділити на відповідній щільності води й ґрунту (ρ_w і ρ_b), тому що для більшості природних ρ_w можна прийняти близької до 1 г/см³, тоді

$$\Theta = \frac{m_{H_2O} \times \rho_b}{m_{\tilde{H}_2O}} \times 100 = W \times \rho_b$$

тобто для перекладу масової вологості в об'ємну необхідно масову вологість у відсотках помножити на щільність ґрунту (у г/см³).

2. У системі СІ масову вологість ґрунту варто виражати в м³/кг або кг/кг. Співвідношення процентного вираження з розмірностями системи СІ:

$$W[\%] = W \times 10^5 \left[\frac{i^3}{\tilde{e}\tilde{a}} \right] = W \times 10^{-2} \left[\frac{\tilde{e}\tilde{a}}{\tilde{e}\tilde{a}} \right]$$

Такого виду розмірності вологості зручно використати при розрахунках диференціальної пористості, або діаграм стану порового простору.

3. **Відносна вологість**: процентне відношення масової (об'ємної) вологості до масового (об'ємної) вологості при НВ, виражених у відсотках.

Наприклад, реальна вологість становить 22%, вологість при НВ – 28%, тоді відносна вологість дорівнює

$$\frac{22}{28} \times 100\% = 78,6\%$$

Величини відносної вологості використовуються в меліорації в якості характерних, практично незалежних від виду ґрунту значень, при яких варто починати полив – предполивих порогів. Приміром, при зрошенні найбільше часто приймають у якості предполивної порога відносну вологість 70%, що означає, що при досягненні в ґрунті відносної вологості 70% необхідно починати полив і продовжити його доти, поки відносна вологість ґрунту не досягне 100%.

4. **Запаси води (ЗВ)**: це балансове вираження кількості води в певному шарі ґрунту (мм водн. ш., м³/га). Найчастіше вихідною інформацією для розрахунку запасів служить масова вологість. Для розрахунку запасів використовують рівняння

$$\zeta \left[\frac{i^3}{\tilde{a}} \right] = \frac{W[\%] \times pb \left[\frac{\tilde{a}}{\tilde{n}^3} \right] \times h[\tilde{n}]}{10} \quad (6.3)$$

$$\zeta \left[\frac{i^3}{\tilde{a}} \right] = W[\%] \times pb \left[\frac{\tilde{a}}{\tilde{n}^3} \right] \times h[ci] \quad (6.4)$$

З рівнянь (6.3) і (6.4) видно, що 1 мм водн. ш = 10 м³/га

Нерідко, особливо при рішенні завдань по переносі води в ненасичений вологою ґрунту зручно користуватися балансовими розмірностями у вигляді [см водн. шару]. Цілком зрозуміло, що розрахунок запасу води в цих одиницях складе

$$ЗВ [см водн. ш.] = \frac{W[\%] * pb[г / см^3] * h[см]}{10}$$

Для зручності перерахувань значень вологості з одних одиниць в інші рекомендуємо користуватися табл.6.2.

Таблиця 6.2 – Довідкова таблиця для перерахування вологості в масових одиницях в об'ємній й балансові вираження й навпаки

Масові вираження вологості	Об'ємна вологість θ		Балансові вираження (запаси вологи)	
	см ³ /см ³	%	мм. водн. ш	м ³ /га
г/г	ρ_b	$\rho_b * \times 100$	$\rho_b \times h \times 10$	$\rho_b \times h \times 100$
%	$\frac{\rho_b}{100}$	ρ_b	$\frac{\rho_b \times h}{10}$	$\rho_b \times h$
відносна	$\frac{НВ \times \rho_b}{10000}$	$\frac{НВ \times \rho_b}{100}$	$\frac{НВ \times h \times \rho_b}{1000}$	$\frac{НВ \times h \times \rho_b}{100}$
м ³ /кг	$10^5 \times \rho_b$	$10^5 \times \rho_b$	$10^4 \times \rho_b \times h$	$10^5 \times \rho_b \times h$

Примітка: ρ_b – щільність ґрунту, г/см³; h – потужність шару, см; НВ – найменша вологоємність (польова, гранична польова вологоємність), мас %.

Якщо потрібно розрахувати об'ємну вологість або запаси вологи на основі масової вологості, то вихідну її розмірність необхідно знайти в крайньому лівому стовпчику, а у верхньому горизонтальному стовпці – необхідну розмірність. На перетинанні вихідного й шуканого виражень вологості в клітині перебуває перерахунковий коефіцієнт. На цей коефіцієнт множать значення вологості у вихідній розмірності й одержують величину вологості в шуканій розмірності. При рішенні зворотного завдання, – знаходження масового відсотка вологості з об'ємної або із запасів вологи, у такий же спосіб, на перетинанні, знаходять коефіцієнт, на який ділять величину об'ємної вологості або запасів вологи.

При розрахунку запасів вологи в заданій товщі ґрунту нерідкі випадки, коли розглянута товща ґрунту складається з декількох обріїв (шарів), що відрізняються по потужності й щільності ґрунту. Для розрахунку запасів вологи в цьому випадку необхідно мати для кожного обрію (шару) розглянутої товщі вологість у цей момент часу й щільність ґрунту, бажано для даної вологості ґрунту.

По зазначеним вище формулах розраховують запаси для кожного об'єкту (шару), а потім їх підсумують і визначають запаси води у всій розглянутій товщі.

Приклад 4. Розрахувати запаси вологи в 150-см товщі ґрунту, якщо вологість шарів 0 – 10, 10 – 20, 20 – 50, 50 – 100, 100 – 150 см становлять 15, 17, 20, 22 і 18%, а їхня щільність – 1,11, 1,21, 1,34, 1,36, 1,30 г/см³.

Рішення. Розрахуємо запаси вологи для кожного шару окремо. Для шару 0-10:

$$\zeta \hat{A}(1) = \frac{15 \times 1,11 \times 10}{10} = 16,50 \text{ [мм водн. ш.]}$$

Для шару 10-20:

$$\zeta \hat{A}(2) = \frac{17 \times 1,21 \times 10}{10} = 20,57 \text{ [мм водн. ш.]}$$

Для шару 20-50:

$$\zeta \hat{A}(3) = \frac{20 \times 1,34 \times 30}{10} = 80,40 \text{ [мм водн. ш.]}$$

Для шару 50-100:

$$\zeta \hat{A}(4) = \frac{22 \times 1,36 \times 50}{10} = 149,60 \text{ [мм водн. ш.]}$$

Для шару 100-150:

$$\zeta \hat{A}(5) = \frac{18 \times 1,30 \times 50}{10} = 117,0 \text{ [мм водн. ш.]}$$

Запаси вологи в 150 – сантиметровій товщі ґрунту становлять:

$$\begin{aligned} \text{ЗВ}(1)+\text{ЗВ}(2)+\text{ЗВ}(3)+\text{ЗВ}(4)+\text{ЗВ}(5) &= 16,50+20,57+80,40+149,6+117,0 = \\ &= 384,07 \text{ [мм водн. ш.]}. \end{aligned}$$

6.3 Практичні завдання

Завдання 1

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 1 наведені в табл.6.3

Задача 1. Розрахувати вологість ґрунту, якщо маса стаканчика (m_1), маса стаканчика з вологим ґрунтом (m_2), маса стаканчика після сушіння (m_3).

Таблиця 6.3 – Варіанти для виконання практичного завдання № 1

№ варіанту	маса стаканчика (m_1), г	маса стаканчика з вологим ґрунтом (m_2), г	маса стаканчика після сушіння (m_3), г
1	20,0	66,0	55,9
2	20,5	65,3	55,4
3	21,3	64,7	54,6
4	22,4	63,9	53,7
5	20,8	65,0	55,2
6	21,7	65,8	55,6
7	22,6	64,9	54,8
8	21,4	65,2	55,1
9	20,6	64,6	54,4
10	22,5	66,2	56,0
11	20,2	65,3	57,9
12	21,5	57,4	58,4
13	20,3	62,8	54,6
14	21,7	61,9	50,7
15	22,6	65,4	56,2
16	21,9	61,8	52,6
17	23,6	60,9	53,9
18	24,4	65,7	54,1
19	22,7	61,6	57,4
20	21,5	62,4	54,3
21	20,9	62,4	55,9
22	24,5	65,8	57,4
23	27,3	60,7	52,6
24	24,4	63,9	53,7
25	21,8	65,8	54,2

Завдання 2.

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 2 наведені в табл.6.4

Задача 2. У спеціальному дослідженні з монолітом ґрунту розмірами 10 x 10 x 20 см необхідно створювати вологість, близьку до найменшої вологоємності (НВ) %. Скільки необхідно долити води, якщо початкова вологість моноліту (W_m) %, а його маса (m_m) кг?

Таблиця 6.4 – Варіанти для виконання практичного завдання № 2

№ варіанту	Найменша вологоємність (НВ), %.	Початкова вологість моноліту (W_m), %	Маса моноліту (m_m), кг
1	15,2	3,5	2,0
2	16,0	4,6	2,1
3	16,5	4,8	2,3
4	15,9	4,0	1,8
5	16,8	5,1	2,6
6	17,5	5,4	3,2
7	17,2	5,2	3,0
8	15,7	3,9	1,7
9	17,8	6,0	3,5
10	16,4	4,7	2,5
11	15,4	4,5	3,0
12	16,3	3,6	2,8
13	16,0	3,8	2,6
14	14,9	4,3	2,8
15	16,3	5,0	1,6
16	17,8	4,4	2,2
17	17,6	3,2	2,1
18	16,8	2,9	1,7
19	15,8	5,2	3,5
20	16,2	4,5	2,7
21	15,5	3,7	2,0
22	16,2	4,8	2,3
23	15,5	4,5	2,8
24	14,9	3,0	1,8
25	16,7	5,1	3,6

Завдання 3.

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 3 наведені в табл.6.5.

Задача 3. При дренаванні ґрунтового зразка, спочатку, на першому етапі, витекло (m_1) мл, а потім, на другому при більшій високій розрідженні (m_2) мл. Кінцева вологість ґрунту й маса зразка склали (W_3) і (m_3) г. Визначити вологість ґрунту на 1- і 2-ом етапах дренавання W_1 , W_2 , а також початкову вологість ґрунту W_p .

Таблиця 6.5 – Варіанти для виконання практичного завдання № 3

№ варіанту	на першому етапі, витекло (m_1), мл	на першому етапі, витекло (m_2), мл	Кінцева вологість ґрунту (W_3), %	Кінцева маса зразка (m_3), г
1	4,8	1,4	22,7	480
2	3,9	1,0	21,8	390
3	4,3	1,2	22,4	430
4	4,7	1,3	22,8	470
5	3,6	0,8	21,9	360
6	5,2	1,7	23,2	520
7	4,9	1,6	22,9	490
8	5,4	1,8	23,5	540
9	3,8	0,9	21,5	380
10	5,3	2,0	23,4	530
11	4,6	2,4	21,7	440
12	3,8	1,1	21,6	390
13	4,5	1,7	22,6	430
14	4,6	1,4	22,7	460
15	3,7	0,9	23,9	370
16	5,3	1,9	20,2	510
17	4,8	1,6	21,9	490
18	5,1	1,7	23,6	540
19	3,7	0,9	21,6	390
20	5,4	2,2	22,4	540
21	4,7	1,8	22,7	470
22	3,9	1,1	24,8	390
23	4,1	1,8	23,4	420
24	4,6	1,4	21,8	470
25	3,7	0,9	21,7	370

Завдання 4.

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 4 наведені в табл.6.6

Задача 4. Розрахувати запаси вологи в 150-см товщі ґрунту, якщо вологість шарів 0 – 10, 10 – 20, 20 – 50, 50 – 100, 100 – 150 см наведено в табл.6.6. згідно варіанту.

Задача 5 Розрахувати масу зразка абсолютно сухого ґрунту, якщо відомо:

- а) при вологості 15% маса становить 4 кг;
- б) при вологості 15% маса води в зразку становить 20 г.

Таблиця 6.6 – Варіанти для виконання практичного завдання № 4

№ варіанту	Вологість шарів 0 – 10, %	Вологість шарів, 10 – 20, %	Вологість шарів, 20 – 50, %	Вологість шарів, 50 – 100, %	Вологість шарів, 100 – 150, %	Щільність шарів 0 – 10, г/см ³	Щільність шарів 10 – 20, г/см ³	Щільність шарів 20 – 50, г/см ³	Щільність шарів 50 – 100, г/см ³	Щільність шарів 100 – 150, г/см ³
1	13	15	18	20	14	1,0	1,10	1,20	1,22	1,19
2	14	16	19	21	15	1,1	1,21	1,31	1,34	1,29
3	16	18	21	23	17	1,12	1,22	1,32	1,35	1,30
4	17	19	23	24	18	1,13	1,23	1,33	1,36	1,31
5	18	20	24	25	19	1,14	1,24	1,35	1,38	1,33
6	19	21	25	26	20	1,15	1,25	1,36	1,39	1,34
7	15	18	19	22	17	1,11	1,21	1,33	1,37	1,32
8	20	22	26	27	21	1,16	1,26	1,36	1,39	1,34
9	12	15	17	19	14	1,02	1,12	1,28	1,32	1,29
10	11	14	17	18	13	1,01	1,11	1,27	1,31	1,28
11	15	13	18	20	11	1,02	1,12	1,21	1,22	1,19
12	14	15	19	22	16	1,13	1,21	1,34	1,36	1,29
13	15	17	21	23	18	1,11	1,24	1,33	1,35	1,31
14	17	18	23	26	18	1,13	1,27	1,36	1,36	1,34
15	16	21	27	25	19	1,04	1,24	1,35	1,38	1,23
16	19	27	25	25	21	1,15	1,25	1,36	1,29	1,34
17	15	17	19	22	18	1,12	1,21	1,33	1,37	1,22
18	21	20	26	27	24	1,06	1,26	1,36	1,39	1,34
19	12	16	17	19	14	1,22	1,18	1,28	1,32	1,29
20	11	15	19	18	13	1,01	1,11	1,27	1,34	1,28
21	23	15	18	22	14	1,07	1,14	1,22	1,25	1,19
22	14	18	19	27	15	1,18	1,21	1,31	1,34	1,29
23	16	14	21	23	27	1,12	1,24	1,32	1,35	1,37
24	27	19	28	24	18	1,13	1,23	1,38	1,36	1,31
25	18	21	24	25	19	1,14	1,24	1,35	1,38	1,39

Питання для самоконтролю

1. Що таке „масова вологість ґрунту”?
2. Яким методом визначають вологість ґрунту? Опишіть сутність цього методу.
3. Що означає термін „об'ємна вологість ґрунту”?
4. Як визначити відносну вологість?
5. Дайте пояснення терміну „запаси вологи в ґрунті”.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7 ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ПОЛИВУ

План

7.1. Розрахунок глибини проникнення опадів, підйому ґрунтових вод, поливної й зрошувальної норм.

7.2 Завдання по визначенню норми поливу.

7.3 Практичні завдання.

7.1 Розрахунок глибини проникнення опадів, підйому ґрунтових вод, поливної й зрошувальної норм

У ґрунтознавстві нерідкі завдання, коли потрібно визначити потужність промоченої після опадів (зрошення) товщі ґрунту або обчислити, на скільки піднялися ґрунтові води при проникненні в них деякої кількості інфільтраційної вологи. По суті, ці завдання є зворотними стосовно раніше розглянутих завдань по визначенню запасів вологи. Якщо в завданнях по визначенню запасів вологи вихідними параметрами служили вологість (у мас. %), щільність ґрунту й потужність шару, то в завданнях по визначенню потужності промоченого шару, навпроти, повинні бути відомі запаси води до й після опадів (або зміна запасів води), вологість і щільність ґрунту. Принциповою відмінністю є лише те, що, у цьому випадку, як вихідна інформація ми маємо величини зміни вологості й кількості води, що поступили на поверхню ґрунту.

Приміром, відомі опади ($OС$, мм), щільність ґрунту (p_b) і вихідна, до випадання опадів, вологість ґрунту ($W, \%$). Потрібно визначити зволожену товщу ґрунту (h , см), або інакше кажучи, товщу ґрунту, що після випадання опадів придбала вологість, рівну $HВ$. Рішення такого роду завдань полягає в наступному. При збільшенні вологості ґрунту від вихідної до $HВ$ запаси води ($ЗВ$) у товщі повинні збільшитися

$$\Delta \zeta \hat{A} \hat{u}] = \frac{(\hat{I} \hat{A} - W) \times p_b}{10} \times h \quad (7.1)$$

У цьому випадку збільшення $ЗВ$ цілком обумовлене опадами, тобто

$$\Delta \zeta \hat{A} \hat{u}] = \hat{I} \hat{N} - \frac{(\hat{I} \hat{A} - W)}{10} \times p_b \times h \quad (7.2)$$

У цьому рівнянні невідомо лише h , щодо якого його й неважко вирішити в загальному виді (якщо опади виражені в мм)

$$h[\tilde{n}i] = \frac{\hat{I}\tilde{N} \times 100}{(\hat{I}\hat{A} - W) \times pb} \quad (7.3)$$

Рішення подібних завдань для реальних умов ускладнюється природним розподілом вихідної вологості ґрунту й розходженням ґрунтових шарів по щільності ґрунту й величинам НВ. У цьому випадку, послідовно вирішують завдання заповнення різних ґрунтових шарів до величин НВ, аж до деякого кінцевого шару.

Принцип рішення такого роду завдань полягає в наступному. Відомо, що величина НВ – це кількість води, що ґрунт у стані удержати своїми адсорбційно-капілярними силами. Якщо в шар ґрунту надійшло така кількість води, що запаси води в цьому шарі перевищили запаси при НВ, то надлишок вологи понад запаси при НВ перетече в нижче лежачий шар. Зрозуміло, що цей надлишок дорівнює різниці кількості води, що надійшла в шар (у балансових одиницях), і запасу води в шарі при НВ. Розглянемо завдання такого роду в загальному випадку. У ґрунті є 3 шари із вологістю W_1, W_2, W_3 , щільності p_1, p_2, p_3 і НВ: $НВ_1, НВ_2, НВ_3$. Потужності цих шарів h_1, h_2, h_3 . Необхідно розрахувати потужність промоченого до НВ шари при випаданні опадів ОС (см). Розрахуємо кількість вологи, необхідне для доведення вологості в 1-м шарі від W_1 до $НВ_1$ (завдання вирішуємо в розмірності див водн. ш):

$$\Delta \zeta \hat{A}_1 = \frac{(\hat{I}\hat{A}_1 - W_1) \times p_1 \times h_1}{100} \quad (7.4)$$

Припустимо, що в цьому випадку кількість опадів значно перевищило $ЗВ_1$: $ОС > ЗВ_1$. Це означає, що опади промочили 1-й шар і проникнули глибше. Тоді необхідно порахувати й $ЗВ$ для і 2-го шари:

$$\Delta \zeta \hat{A}_2 = \frac{(\hat{I}\hat{A}_2 - W_2) \times p_2 \times h_2}{100} \quad (7.5)$$

Покладемо, однак, що кількість залишившийся після промочування 1-го шару води ($ОС - ЗВ_1$) однаково перевищує $ЗВ_2$: $ОС - ЗВ_1 > ЗВ_2$. Отже, опади промочили й 2-й шар. Необхідно порахувати в цьому випадку й $ЗВ$ для 3-го шару:

$$\Delta \zeta \hat{A}_3 = \frac{(\hat{I} \hat{A}_3 - W_3) \times p_3 \times h_3}{100} \quad (7.6)$$

Припустимо, що в цьому випадку, кількість води, що залишилася після промочування 1- і 2-го шарів менше ЗВЗ : ОС – ЗВ1 – ЗВ2 < ЗВЗ. Це говорить про те, що фронт зволоження перебуває в 3-м шарі ґрунту. Можна розрахувати, на яку глибину проникнула вода, що надійшла в 3-й шар. Кількість води, що надійшла, в 3-й шар склало: ОС – ЗВ1 – ЗВ2. Як і в попередньому прикладі по формулі (1.3),- можна розрахувати глибину проникнення фронту зволоження по відомим НВ₃, р₃, W₃:

$$h[\tilde{n}i] = \frac{(\hat{I} \hat{N} - \zeta \hat{A}_1 - \zeta \hat{A}_2) \times 100}{(\hat{I} \hat{A}_3 - W_3) \times p_3} \quad (7.7)$$

У результаті потужність промоченого шару після випадання опадів ОС складе h₁ + h₂ + h, тобто опади зволожать до НВ 1-й шар потужністю h₁, 2-й шар потужністю h₂, а в 3-м шарі зволожать лише прошарок товщиною h.

Приклад 1. Ґрунт складається з горизонтів Ар, А, АВ. Потужності цих обріїв 20, 12, і 16 см, щільності в них 1,15; 1,33 і 1,36 г/см³, вологості 17, 21 і 24%, а НВ – 21, 24 і 26%. На ґрунт надійшло 1,5 см опадів. Розрахувати глибину промокнення.

Рішення. Зміна запасів вологи в горизонті Ар при зволоженні його від вихідної вологості до НВ складе:

$$\Delta \zeta \hat{A} = \frac{(21 - 17) \times 1,15 \times 20}{100} = 0,92[\tilde{n}i \hat{a}i \hat{a}i \phi.]$$

Кількість опадів значно більше, очевидно вони проникнули глибше обрію Ар. Розрахуємо зміну ЗВ для горизонту А:

$$\Delta \zeta \hat{A} = \frac{(24 - 21) \times 1,33 \times 12}{100} = 0,479[\tilde{n}i \hat{a}i \hat{a}i \phi.]$$

І в цьому випадку, сума запасів вологи в обріях Ар і А А (1,399 см) менше, ніж кількість опадів, що випали. Значить опади проникнули в горизонт АВ. Необхідно порахувати й зміну ЗВ у горизонті АВ:

$$\Delta \zeta \hat{A} = \frac{(26 - 24) \times 1,36 \times 16}{100} = 0,435 [\text{н} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{i} \hat{\phi} .]$$

У цьому випадку, ΔZB у верхніх трьох обр'ях (1,834 см. водн. ш.) перевищує кількість опадів, що випали, (1,5 см). Це означає, що фронт зволоження перебуває в горизонті АВ. Можна розрахувати й шар, що промочили опади, що потрапили в горизонт АВ: кількість води, що надійшла сюди, становить:

$$1,5 - 1,399 = 0,101 [\text{см водн. ш.}]$$

Товщина шару, що промокає, у горизонті АВ складе:

$$h = \frac{0,101 \times 100}{(26 - 24) \times 1,36} = 3,7 [\text{н} \hat{i}]$$

Загальна потужність промоченого шару після випадання 15 мм опадів складе

$$20 + 12 + 3,7 = 35,7 [\text{см}].$$

Наступними завданнями подібного типу є завдання по наповненню порового простору до водовместимості, зокрема, розрахунок підйому рівня ґрунтових вод при проникненні в них деякої кількості води.

Принцип рішення таких завдань полягає в наступному.

Повинні бути відомі:

- 1) кількість води, що проникнуло в ґрунтові води;
- 2) водовместимість ґрунту (породи) на рівні ґрунтових вод, прийнята звичайно рівної загальної пористості (але з обліком того, що пористість, розрахована по щільності ґрунту й твердої фази, виражена в об'ємних одиницях, а потрібне вираження ПВ у масових %, тобто c/p і її щільність;

3) вихідна вологість (розподіл вологості) у ґрунті (породі) у зоні над ґрунтовими водами. Звичайно в зоні капілярної облямівки вологість можна прийняти рівної НВ. Тоді кількість вологи, що надійшло в ґрунтові води збільшує вологість від НВ до водовместимості, піднімаючи в такий спосіб рівень ґрунтових вод на висоту h . А це вже відома нам завдання за розрахунками глибини промокнення, у якій усе зводиться до застосування формули, аналогічної (7.3)

$$h[\tilde{n}] = \frac{Q[\tilde{n}] \times 100}{(\hat{I} - \hat{I}_0) \times pb \left[\frac{\tilde{a}}{\tilde{n}^3} \right]} \quad (7.8)$$

де Q – кількість води, що надійшло в ґрунтові води, см водного шару.
 ПВ – повна вологоємність, масові %.

Приклад 2. Після випадання опадів у ґрунтові води проникнуло $Q = 10$ мм водн. ш. води. Супіщаний ґрунт на рівні ґрунтових вод характеризується НВ – 12%, $\rho_b = 1,45$ г/см³ і ПВ – 45,7%. Визначити на яку висоту піднімуться ґрунтові води після випадання опадів.

Рішення. Використаємо вищенаведену формулу за розрахунками висоти капілярного підйому рівня ґрунтових вод (з огляду на, що 1 см водн.ш - 10 мм водн. ш.):

$$h = \frac{Q \times 100}{(\hat{I} - \hat{I}_0) \times pb} = \frac{1,0 \times 100}{(45,7 - 12) \times 1,45} = 2,05[\tilde{n}]$$

Таким чином, ґрунтові води ґрунті піднялися на висоту близько 2 см при проникненні в них 10 мм вологи.

У природних умовах опади випадають як правило на ненасичений вологою ґрунт, насичуючи ґрунт до НВ і стікаючи вниз по профілю, проникають у ґрунтові води. У цьому випадку, щоб розрахувати підняття рівня ґрунтових вод необхідно визначити, яка кількість із опадів, що надійшли на поверхню ґрунту, пішло на насичення товщі ґрунту від поверхні до капілярної облямівки до величини НВ. Кількість, що залишилася, проникнуло в ґрунтові води й збільшило їхній рівень. Таким чином, подібні завдання є загальними для двох розглянутих типів. Рішення їх аналогічно.

Приклад 3. До випадання опадів супіщаний ґрунт мав вологість у шарах 0-10 см – 5%, 10-25 см – 9%, ґрунтові води перебували на глибині 50 см, висота їхнього капілярного підняття 25 см. Порозність і щільність ґрунту рівні відповідно 45,7% і 1,45 г/см³, НВ – 12%. На поверхню ґрунту випало 100 мм опадів. На яку висоту піднімуться ґрунтові води?

Рішення. Для даного типу розрахунків з деяким наближенням можна вважати розподіл вологості в межах капілярної облямівки рівномірним і рівним НВ. Опади, перш ніж проникнути в капілярну облямівку, повинні наситити шар ґрунту – 0-25 см до НВ. Визначимо, яка кількість вод піде на це; розраховуємо по формулі

$$\Delta \zeta \hat{A} [\tilde{n}i] = \frac{(\hat{I}A - W) \times h \times pb}{100} \quad (7.9)$$

для шару про -10 см

$$\Delta \zeta \hat{A}_{(1)} = \frac{(12 - 5) \times 10 \times 1,45}{100} = 1,015 [\tilde{n}i]$$

для шару 10-25 см

$$\Delta \zeta \hat{A}_{(2)} = \frac{(12 - 9) \times 15 \times 1,45}{100} = 1,653 [\tilde{n}i]$$

Таким чином, на насичення верхньої 25-сантиметрової товщі, тобто до рівня капілярної облямівки, пішло

$$1,015 + 0,653 = 1,668 \text{ [см]}.$$

У ґрунтові води проникнуло

$$10 - 1,668 = 8,332 \text{ [см]}.$$

Залишилося розрахувати підвищення рівня ґрунтових вод, як це робилося в попередньому прикладі, з огляду на, що в ґрунтові води проникнуло 8,332 см водн. ш.:

$$h = \frac{Q \times 100}{(\hat{I}A - \hat{I}A) \times pb} = \frac{8,332 \times 100}{(45,7 - 12) \times 1,45} = 17,05 [\tilde{n}i]$$

Відзначимо, що такого роду розрахунки, засновані на використанні балансових співвідношень і гідрологічних констант (НВ, ПВ), не дають високої точності. Вони не враховують ряду явищ, таких як розподіл вологості в межах капілярної облямівки, тривалості інфільтрації вологи й поверхні, що протікають у цей час випару з ґрунту, складність природи (а нерідко, і мінливість) величини НВ, процеси набрякання й усадки та ін.

Більше строгі розрахунки можливі із застосуванням термодинамічного апарата гідрофізики ґрунтів. Однак і наведений вище балансовий підхід може бути використаний у різних ґрунтово-гідрологічних, генетичних, а також у прикладних, меліоративних дослідженнях. Дотепер, ці розрахунки лежать в основі визначення найважливіших параметрів зрошувальних систем, таких як норма

поливу й ін. З огляду на практичну важливість цих завдань, зупинимося докладніше на їхньому рішенні.

7.2 Завдання по визначенню норми поливу

Розрахунки запасів вологи в конкретній товщі ґрунту лежать в основі визначення норми поливу. Нагадаємо, що норма поливу (або поливна норма) – це кількість поливної води, виражена в балансових одиницях (мм водн. ш, м³/га), необхідне для покриття дефіциту вологи в розрахунковому шарі ґрунту.

Дефіцит вологи – різниця запасів води в розглянутому шарі ґрунту при даній вологості й вологості при НВ. Інакше кажучи, **норма поливу** – це кількість поливної води необхідне для зволоження ґрунту від даного стану по вологості до НВ у розглянутому шарі ґрунту. Розрахунок норми поливу (НВ) ведуть по формулі:

$$\ddot{H} = \frac{(\hat{A} - W) \times pb \times h}{10} [\ddot{u} \text{ .} \hat{a} \hat{a} \hat{a} \text{ .} \phi \text{ .}] \quad (7.10)$$

або

$$\ddot{H} = (\hat{A} - W) \times pb \times h \left[\hat{i} \frac{3}{\hat{a} \hat{a}} \right] \quad (7.11)$$

Якщо ґрунт складений з обріїв, що розрізняються по своїх властивостях, розрахунок ведуть для кожного обрію окремо, а результуючу норму поливу визначають додаванням отриманих дефіцитів вологи для всіх розглянутих шарів.

Приклад 4. Потрібно полити сірозем. Розрахунковий шар 100 см, у якому є шари з різними щільностями ґрунту: 0-40 см – 1,1 г/см³, 40-80 см – 1,34 і 80-100 см – 1,41 г/см³. Поточні (предполивні) вологості цих шарів 15, 20 і 18%, а НВ відповідно 28, 26 і 24%. Визначити норму поливу.

Рішення. Дефіцит вологи в 1-м шарі (0 – 40 см) складе:

$$\frac{(28 - 15) \times 1,1 \times 40}{10} = 57,2 [\ddot{u} \text{ .}]$$

в 2-м (40-80 см)

$$\frac{(26 - 20) \times 1,34 \times 40}{10} = 32,16 [\ddot{u} \text{ .}]$$

в 3-м (80-100 см)

$$\frac{(24 - 18) \times 1,41 \times 20}{10} = 16,92 [\text{мм}]$$

Норма поливу буде сумою дефіцитів всіх шарів і дорівнює

$$57,2 + 32,16 + 16,92 = 106,28 \text{ мм водн. ш або близько } 1063 \text{ м}^3/\text{га.}$$

Величина вологості ґрунту, при якій варто починати полив, називається предполивною вологістю, або предполивним порогом. Для більшості сільськогосподарських культур його приймають рівним 70-75% (в одиницях відносної вологості). Контроль за наближенням поточної вологості до предполивного порога здійснюється режимними спостереженнями за вологістю ґрунту, тиском вологи (тензіометрами), за фізіологічними показниками стану рослин. Величина розрахункового шару змінюється залежно від властивостей ґрунту, виду сільськогосподарських культур, способу зрошення й т.п. Наприклад, для умов гумідної зони при дощуванні розрахунковий шар приймають для трав і поливних культур при розвиненій кореневій системі 0,3-0,5 м. для садів – 0,4-0,6 м.

У розглянутому вище прикладі розраховувалася поливна норма нетто, тобто норма поливу без усякого роду втрат (на випар, транспірацію, поверхневий стік). У дійсності, за час поливу відбуваються втрати на випар і транспірацію, які варто додати до норми поливу. При наявності поверхневого стоку враховують і ці втрати. Крім того, у регіонах, де можлива реставрація засолення свідомо збільшують норму поливу для відмивання солей з шару, де є корні, в дренажні води. Це збільшення норми поливу вводиться звичайно за допомогою коефіцієнта, установлюваного експериментально. З урахуванням всіх втрат, а також можливих опадів за період поливу розраховують норму поливу брутто. Фактично розрахунок норми поливу брутто є відомістю водного балансу для розрахункового шару ґрунту за період поливу.

Приклад 5. Дощуванням потрібно полити поле люцерни.

Розрахунковий шар 80 см, предполивний поріг 70% НВ, НВ і щільність ґрунту для шару 0-40 см 29% і 1,2 г/см³, а для шару 40-80 см – 25% і 1,36 г/см³. Визначити поливну норму брутто, якщо випар з поверхні ґрунту становить 2,5 мм/доб, випар поливної води при поливі 0,6 мм/доб, транспірація люцерни 8 мм/доб. Полив проходить у плинні 2 доби.

Рішення. Розрахуємо поливну норму нетто. Для 1-го шару (0 – 40 см) предполивний поріг у масовому вираженні складе $0,7 \cdot 9 = 20,53\%$, а норма поливу

$$\frac{(29 - 20,3) \times 1,2 \times 40}{10} = 41,76 [\text{мм вод. ш.}]$$

а для 2-го шару (0-80 см), предполивний поріг складе $25 \times 0,7 = 17,3\%$, а норма поливу

$$\frac{(25 - 17,5) \times 1,36 \times 40}{10} = 40,8 [\text{мм вод. ш.}]$$

Поливна норма нетто в цьому випадку складе

$$40,8 + 41,76 = 82,56 [\text{мм вод. ш.}]$$

За час поливу на випар з поверхні ґрунту витрачено $2,5 \text{ мм/доб} \times 2 \text{ доб} = 5 \text{ мм}$, на випар поливної води $0,6 + 2 - 1,2 \text{ мм}$, а на транспірацію – $8 \text{ мм/доб} \times 2 \text{ доб} = 16 \text{ мм водн.ш.}$ Ці втрати необхідно додати до поливної норми нетто для розрахунку поливної норми бруто:

$$82,56 + 1,2 + 5,0 + 16 = 104,75 \text{ мм або близько } 1050 \text{ м}^3/\text{га.}$$

Подібний тип завдань є характерним для водно-балансових меліоративних розрахунків. Інші є тією або іншою модифікацією.

Варто чітко розрізняти норму поливу й норму зрошення (зрошувальну норму).

Норма зрошення нетто – це сума норм поливу нетто за весь вегетаційний період, а **норма зрошення бруто** – кількість води, що забирає із джерела зрошення за весь поливний період. Як правило, норму зрошення нетто розраховують також водно-балансовим методом, підсумовуючи за вегетаційний період всі можливі додаткові джерела водного харчування рослин, такі як опади, ґрунтовий приплив і запаси води в розрахунковому шарі, віднімаючи отриману величину з евапотранспіраційної витрати (водоспоживання) за весь період:

$$M_n = E - OC - 3B - Gr, \quad (7.12)$$

де M_n – норма зрошення нетто,
 E – евапотранспірація,

ОС – опади ,

ЗВ – внутрішньо ґрунтові використовувані запаси;

Гр – ґрунтовий приплив.

При нормі зрошення брутто враховують втрати води безпосередньо на зрошуваному полі (на випар з поверхні ґрунту й при поливі) і при доставці води від джерела до поля. Перший вид втрат ураховується за допомогою введення коефіцієнта втрат (завжди більше 1), другий – за рахунок КПД водопроводящої частини зрошувальної системи (завжди менше 1). А розраховується поливна норма брутто (Мб) по формулі

$$\dot{I}_{\text{б}} = \dot{I}_{\text{н}} \times \left(\frac{\beta}{n}\right), \quad (7.13)$$

де β – коефіцієнт втрат,

n – КПД системи, що підводить.

Величина норми зрошення брутто використається при проектуванні зрошувальних систем.

Приклад 6. У роки із середньою забезпеченістю водоспоживання сільськогосподарських культур за вегетаційний сезон становить 400 мм, опади – 120 мм, запаси в розрахунковому шарі зменшуються від 105-85 мм, а ґрунтовий приплив – 150 мм водн. ш. Розрахувати норму зрошення брутто при КПД водопроводящої системи $n = 0,95$ і коефіцієнті втрат $\beta = 1,15$.

Рішення. Визначаємо норму зрошення нетто, становлячи балансове рівняння

$$M_{\text{н}} = 400 - 120 - (105-85) - 150 = 110 \text{ [мм водн. ш].}$$

$$M_{\text{б}} = 110 \times (1,15/0,95) = 133,2 \text{ [мм водн. ш].}$$

7.3 Практичні завдання

Завдання 1

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 1 наведені в табл.7.1

Задача 1. Ґрунт складається з горизонтів Ар, А, АВ з щільності в них 1,13; 1,31 і 1,32 г/см³ Потужності цих обріїв, вологості та НВ наведено в табл. 7.1 згідно варіанту. На ґрунт надійшло 1,7 см опадів. Розрахувати глибину промокнення.

Таблиця 7.1 – Варіанти для виконання практичного завдання № 1

№ варіанту	горизонт Ар	Горизонт А	Горизонт АВ
------------	-------------	------------	-------------

	Потужність, см	Вологість, %	НВ, %	Потужність, см	Вологість, %	НВ, %	Потужність, см	Вологість, %	НВ, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	23	26	18	26	29	22	29	31
2	25	22	25	17	25	28	21	28	30
3	24	21	24	16	24	27	20	27	29
4	23	20	23	15	23	26	19	26	28
5	22	19	22	14	22	25	18	25	27
6	21	18	21	13	21	24	17	24	26
7	19	16	19	11	19	23	15	23	25
8	18	15	18	10	18	22	14	22	24
9	27	24	26	19	26	28	23	28	30
10	28	25	27	20	27	29	24	29	31
11	16	21	22	17	22	23	24	29	21
12	23	24	20	19	21	23	24	28	31
13	21	23	24	16	21	27	22	27	26
14	22	21	22	18	24	28	19	29	28
15	24	19	24	17	22	25	18	25	22
16	21	18	27	23	21	24	16	24	28
17	19	18	19	21	15	23	18	23	26
18	28	25	18	12	18	23	14	22	24
19	27	23	26	19	27	28	24	28	32
20	18	15	27	21	25	29	26	29	31
21	25	27	16	18	22	29	24	29	34
22	27	22	25	19	25	28	21	25	30
23	22	24	27	16	29	27	20	27	29
24	26	20	24	15	23	26	19	26	28
25	22	18	22	14	26	25	18	24	27

Завдання 2

1. Получити у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 2 наведені в табл.7.2

Задача 2. Після випадання опадів у ґрунтові води проникнуло $Q = 20$ мм водн. ш. води. Супіщаний ґрунт на рівні ґрунтових вод характеризується НВ, ρ_b і ПВ. Їх значення наведено в табл.7.2 відповідно до варіанту. Визначити на яку висоту піднімуться ґрунтові води після випадання опадів.

Таблиця 7.2 – Варіанти для виконання практичного завдання № 2

№	НВ, %	Щільність ρ_b , г/см ³	ПВ, %
---	-------	--	-------

варіанту			
1	2	3	4
1	13	1,13	40,2
2	14	1,14	40,6
3	15	1,15	40,8
4	16	1,20	41,3
5	17	1,24	41,5
6	18	1,27	42,2
7	19	1,31	42,7
8	20	1,32	42,9
9	21	1,37	44,3
10	22	1,44	44,8
11	15	1,16	41,2
12	24	1,11	41,6
13	17	1,16	40,8
14	18	1,22	41,9
15	19	1,21	41,7
16	18	1,25	42,7
17	16	1,32	40,7
18	20	1,42	42,3
19	26	1,57	41,3
20	24	1,48	42,8
21	18	1,43	41,2
22	16	1,34	40,6
23	25	1,45	38,8
24	26	1,29	39,3
25	17	1,27	40,5

Завдання 3

1. Получити у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 3 наведені в табл.7.3

Задача 3. До випадання опадів супіщаний ґрунт мав вологість у шарах 0-10 см, 10-25 см відповідно варіанту в табл. 7.3, ґрунтові води перебували на глибині 50 см, висота їхнього капілярного підняття 25 см. Порозність, щільність та НВ ґрунту відповідно варіанту в табл.1.3 .На поверхню ґрунту випало 150 мм опадів. На яку висоту піднімуться ґрунтові води?

Таблиця 7.3 – Варіанти для виконання практичного завдання № 3

№ варіанту	Вологість у шарі 0-10, %	Вологість у шарі 10-25, %	Щільність ρ_b , г/см ³	ПВ, %	НВ, %
1	2	3	4	5	6

1	9	13	1,13	40,2	16
2	10	14	1,14	40,6	17
3	11	15	1,15	40,8	18
4	12	16	1,20	41,3	19
5	13	17	1,24	41,5	20
6	14	18	1,27	42,2	21
7	15	19	1,31	42,7	22
8	16	20	1,32	42,9	23
9	17	21	1,37	44,3	24
10	18	22	1,44	44,8	25
11	19	23	1,23	40,2	16
12	20	24	1,24	41,6	17
13	11	17	1,25	40,7	18
14	22	26	1,21	41,3	29
15	13	15	1,24	40,5	22
16	24	28	1,37	42,4	21
17	15	18	1,33	41,7	23
18	26	29	1,42	42,6	21
19	17	25	1,36	43,3	24
20	16	21	1,41	42,8	22
21	19	23	1,43	40,2	23
22	10	16	1,17	41,6	19
23	14	19	1,16	40,7	18
24	22	26	1,31	41,3	21
25	14	17	1,21	41,5	20

Завдання 4

1. Отримати у викладача свій варіант для виконання практичного завдання. Варіанти для виконання практичного завдання № 4 наведені в табл.7.4

Задача 4. Потрібно полити сірозем. Розрахунковий шар 100 см, у якому є шари з різними щільностями ґрунту для шарів 0-40 см, 40-80 см і 80-100 см, що наведено в табл.1.4 відповідно варіанту. Поточні (передполивні) вологості цих шарів та НВ відповідно варіанту також наведено в табл. 7.4. Визначити норму поливу.

Таблиця 7.4 – Варіанти для виконання практичного завдання № 4

№ варіанту	Шар 0-40 см			Шар 40-80 см			Шар 80-100 см		
	Щільність ρ_b , г/см ³	Вологість, %	НВ, %	Щільність ρ_b , г/см ³	Вологість, %	НВ, %	Щільність ρ_b , г/см ³	Вологість, %	НВ, %

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,26	23	26	1,38	26	29	1,42	29	31
2	1,25	22	25	1,37	25	28	1,41	28	30
3	1,24	21	24	1,36	24	27	1,42	27	29
4	1,23	20	23	1,35	23	26	1,49	26	28
5	1,22	19	22	1,34	22	25	1,48	25	27
6	1,21	18	21	1,33	21	24	1,47	24	26
7	1,19	16	19	1,31	19	23	1,45	23	25
8	1,18	15	18	1,32	18	22	1,44	22	24
9	1,27	24	26	1,37	26	28	1,53	28	30
10	1,28	25	27	1,39	27	29	1,54	29	31
11	1,25	22	26	1,37	25	29	1,41	29	31
12	1,26	23	25	1,36	25	28	1,42	28	32
13	1,23	21	26	1,34	24	27	1,41	27	29
14	1,24	20	23	1,36	23	28	1,49	25	28
15	1,21	18	22	1,35	22	26	1,48	23	27
16	1,23	19	21	1,33	21	25	1,37	24	28
17	1,19	17	19	1,31	18	23	1,45	21	25
18	1,28	13	18	1,42	18	24	1,44	22	27
19	1,37	22	26	1,47	25	28	1,53	28	32
20	1,24	21	27	1,38	26	29	1,51	27	31
21	1,36	22	26	1,38	27	29	1,41	29	33
22	1,25	21	25	1,36	24	28	1,42	28	34
23	1,24	22	26	1,34	22	27	1,41	25	29
24	1,23	20	26	1,36	23	26	1,49	24	28
25	1,22	19	25	1,34	21	25	1,48	25	29

Питання для самоконтролю

1. Як розрахувати підняття рівня ґрунтових вод?
2. Дайте пояснення терміну „дефіцит вологи”.
3. Як визначити норму поливу?
4. Для чого використовується величина норми зрошення бруто?
5. В чому полягає різниця між нормою поливу й нормою зрошення?
6. Дайте пояснення терміну „предполивний порог”.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Назаренко І.І. Грунтознавство: Навчальний посібник. Ч. 1, 2. – Чернівці: Рута, 1998, 1999.
2. Полевой определитель почв / Под ред. Н.И.Полупана и Б.С. Носко. – К.: Урожай, 1981.
3. Польшина СМ. Грунтознавство. Головні типи ґрунтів. Ч. 1, 2. – Чернівці: Рута, 2000, 2001.
4. Почвоведение / Под ред. И.С.Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989.
5. Почвоведение. В 2 ч. / Под ред. В.А.Ковды, Б.А.Розанова. – М.: Высш. шк., 1988.
6. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С.Кауричева. – М.: Колос, 1980.
7. Воронин А.Д. Основы физики почв: Учеб. пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986.
8. Дюшафур Ф. Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970.
9. Ковда В.А. Основы учения о почве. – Кн.1 и 2. – М.: Наука, 1973.
10. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: МГУ, 1983.
11. Александрова Л.Н., Найдёнова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Агропромиздат, 1989.
12. Шеин Е.В., Капинос В.А. Сборник задач по физике почв.- М.: Изд-ВО МГУ.1994.- 79 с.

Підп. до друк 24.07.13. Формат 60x84 1/16.
Папір 80г/м² Друк ризограф. Умовн.-друк. арк. 1,6.
Тираж 200 прим. Вид. № 05/13. Зам. № 520/13.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.