

Тема 6. Прилади для вимірювання атмосферних опадів, вологості ґрунту та випаровування вологи з ґрунту

Мета роботи: ознайомитися з будовою та принципом дії приладів для вимірювання атмосферних опадів, вологості ґрунту та випаровування вологи з ґрунту, а також виконати завдання.

6.1. Теоретичні відомості.

Волога ґрунту – один з незамінних факторів життя рослин. Вологість ґрунту – це вміст води у ґрунті.

Абсолютна вологість ґрунту – це вміст її у ґрунті у мм, м³/га або т/га.

Відносна вологість ґрунту – це відношення маси води, що міститься в ґрунті, до маси сухого ґрунту в тому ж об'ємі (W_n , у % до маси сухого ґрунту):

$$W_n = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad 6.1$$

де: m_1 – маса вологого ґрунту, г; m_2 – маса абсолютно сухого ґрунту, г.

Після визначення вмісту вологи у ґрунті (W_n , %) можна розрахувати її запаси (H , мм) для певного шару ґрунту (h , см):

$$H = 0,1 \times W_n \times d \times h \quad 6.2$$

де: d - об'ємна маса ґрунту, г/см³
або на 1 га поля (H , м³/га або т/га):

$$H = 0,1 \times W_n \times d \times h \times 10 \quad 6.3$$

Розрахувати кількість доступної (продуктивної) вологи (H , мм) в ґрунті можна так:

$$H = 0,1 (W_n - K) \times d \times h \quad 6.4$$

де: K – вологість в'янення, %.

Водний баланс метрової товщі ґрунту та водопостачання рослин можна розрахувати так:

$$W_{oc} + W_{oz} + W_{\phi} = W_n + W_o - W_k \quad 6.5$$

де: W_{oc} – запаси вологи у розрахунковому шарі ґрунту наприкінці осені попереднього року, мм; W_{oz} – опади за період осінь-зима, мм; W_{ϕ} – витрати води на інфільтрацію, мм; W_n – початкові запаси вологи у розрахунковому шарі ґрунту, мм; W_o – опади за літній період, мм; W_k – кінцеві запаси вологи у розрахунковому шарі ґрунту, мм.

Крім приведених водний баланс також може включати, наприклад, величини поверхневого стоку (W_c) та притоку (W_{cn}). Якщо рельєф ділянки рівнинний, величиною поверхневого стоку/притоку (W_c , та W_{cn}) можна знехтувати. Сумарне випаровування у такому випадку можна виразити так: $W = W_n + W_o - W_k$.

У спрощеній формі водний баланс поля (B , мм) визначають так:

$$W_n + r = W_k - E_0 \quad 6.6$$

де: W_n - запаси вологи на початку розрахункового періоду, мм; W_k - запаси вологи на кінець розрахункового періоду, мм; E_o - сумарне випаровування, мм; r - опади, мм;

Випаровування з ґрунту (B , мм) можна розрахувати за формулою:

$$B = 0,02 (M_1 - M_2) + (R - I) \quad 6.7$$

де: M_1 – вага випарника при попередньому зважуванні, г; M_2 – вага випарника у момент зважування, г; R – кількість опадів, що випали за періодами між контрольними зважуваннями, мм; I – кількість води у водозбірній посудині, мм.

Коефіцієнт 0,02 служить для переведення вагових одиниць (г) в лінійні (мм).

6.2. Прилади для вимірювання атмосферних опадів.

Для вимірювання атмосферних опадів використовують: опадомір Третякова (визначення кількості опадів у рідкому і твердому стані); снігомір ваговий (визначення щільності снігу); рейки снігомірні (визначення висоти снігового покриву).

Опадомір Третякова (рис. 6.1.) призначений для вимірювання рідких і твердих опадів, які випали за деякий проміжок часу. Прилад складається з оцинкованого циліндричного відра висотою 40 см та приймальної поверхні площею 200 см². Усередині відра запаяна діафрагма, частина якої – знімна лійка, яка запобігає випаровуванню опадів у літній період (взимку її знімають). Опади виливають з відра через зливник, який закривається ковпачком, до вимірювального стакану, що входить до комплекту. Ціна поділки вимірювального стакану – 0,1 мм. Відро встановлюють так, щоб його приймальна поверхня знаходилась на висоті 2 м від поверхні ґрунту. Навколо відра розміщені 16 вітрозахисних планок, які послаблюють швидкість вітру над поверхнею відра й захищають опади від видування. Вимірювання опадів проводять 4 рази на добу. Коли випадають тверді опади (град, крупа, сніг), відро з ними заносять до приміщення і вимірюють опади після повного їх відтавання. Для того, щоб спостереження велись безперервно, до комплекту приладу входять два відра, одне з яких знімають, а інше встановлюють.



Рис. 6.1. Опадомір В.Д. Третякова О-1

Технічні характеристики опадоміру Третякова О-1:

- приймальна площа опадкомери, см: 200;
- число поділок вимірювальної склянки, мм: 100;
- ціна поділки вимірювальної склянки, мм: 0,1;

- маса, кг: 13.

Для безперервної реєстрації (записування) рідких атмосферних опадів та їх інтенсивності використовують пловіограф (рис. 6.2). Прилад являє собою циліндричну коробку, приймальна частина якої у перетині становить 500 см².

Вода з приймача через систему металевих трубок надходить в поплавкову камеру і підіймає поплавок із стержнем, на якому закріплено стрілку з пером, що прокреслює лінію опадів на паперовій стрічці барабана з годинниковим механізмом. Прилад встановлюють горизонтально на відкритій ділянці на спеціальному стовпі так, щоб його верхня частина була на висоті 2 м від поверхні ґрунту. Стрічку пловіографа змінюють щодоби, після чого запускають годинниковий механізм. На зворотному боці стрічки записують рік, місяць, число, години заміни стрічки та кількість опадів. У холодну пору року пловіограф не використовують через замерзання води.

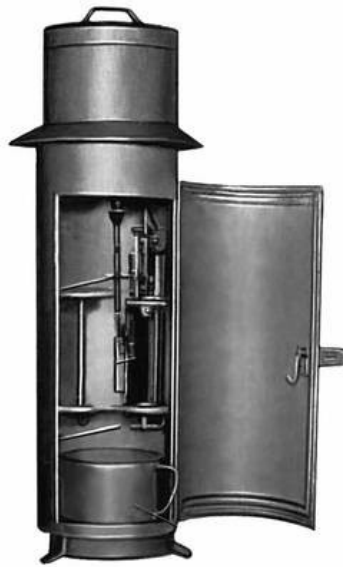


Рис. 6.2. Пловіограф П-2

Узимку після формування снігового покриву проводять снігомірні зйомки, під час яких визначають: висоту і щільність снігового покриву, запаси води в ньому, ступінь покриття ґрунту снігом та характер залягання снігового покриву.

Щільність і залягання снігового покриву у польових умовах визначають за допомогою вагового снігоміра.

Снігомір ваговий (рис. 6.3) складається з металевого циліндра і важільних терезів. Циліндр, висотою 60 см і площею поперечного перерізу 50 см², має на одному кінці товсте кільце із загостреним краєм у вигляді пилки, а на іншому – кришку, яка закриває його. З боку на циліндрі нанесено шкалу із сантиметровими поділками для визначення висоти снігового покриву. На циліндрі вільно переміщується кільце з дужкою, за яку циліндр підвішують до терезів. Прилад дозволяє визначати як щільність снігу, так і запаси води в ньому (мм). За шкалою терезів снігоміра визначають масу снігу (m, г), при заглибленні циліндра – висоту снігового покриву (h, см) та об'єм снігу (V, см³).

6.3. Прилади для визначення вологості ґрунту.

Термостатно-ваговий метод. Вологість ґрунту на гідрометеорологічних станціях визначають за різницею між масою окремих зразків ґрунту до та після сушіння. Для відбору зразків ґрунту, їх зважування та висушування необхідно мати: ґрунтовий бур; набір сушильних стаканчиків (бюксів), які розміщують у спеціальному ящику; ніж або вузьку стамеску для чищення бурового стакану; електричний термостат (сушильна шафа); ваги технічні; дощечки для підкладання під ноги у тих місцях, де беруть зразки.

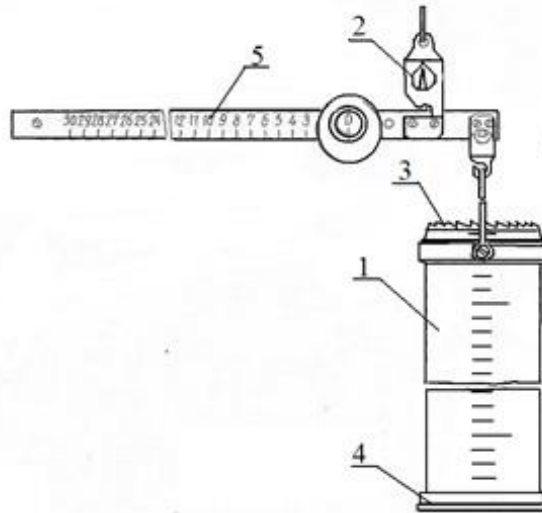


Рис. 6.3. Снігомір ваговий:

- 1 – металевий циліндр; 2 – терези; 3 – кільце із загостреним краєм;
4 – кришка; 5 – шкала для визначення висоти снігового покриву

Стаканчики нумеруються, та зважуються перед початком роботи. Зразки ґрунту відбирають з глибин 5, 10, 20, 30 см і т.д. через кожні 10 см по всій глибині профілю ґрунту або за іншою схемою відповідно до завдання. З кожної свердловини зразки ґрунту беруть послідовно, залежно від заглиблення буру. Глибину визначають за позначкам на стакані та штанзі бура. Зразки ґрунту беруть з нижньої третини бурового стакану. З верхніх прошарків ґрунту зразки варто брати дуже обережно. Переносити зразки ґрунту з буру у стаканчики потрібно швидко для уникнення випаровування вологи. Стаканчики ретельно витирають та закривають кришкою. Після запису стаканчик із зразком доставляють у лабораторію та відразу зважують з точністю до 0,1 г.

Сушіння зразків проводять у сушильних шафах з електричним підігрівом при температурі 100–105 °С, тривалість сушіння залежить від типу ґрунту: супіщаних ґрунтів – 7–8 годин, торфових – 10–12 годин. До термостатів зразки ставлять у стаканчиках з відкритими кришками. Кожну кришку необхідно покласти під дно відповідного стаканчика. Для визначення часу закінчення сушки проводять контрольні зважування, доки результати двох послідовних зважувань не співпадуть чи не будуть відрізнятися більше ніж на 0,1 г.

Стаканчики із зразками ґрунту виймають з термостату, одразу ж закривають кришками та після охолодження у ексікаторі зважують. Вологість ґрунту визначають за різницею маси зразку ґрунту до та після висушування та підраховують у відсотках від маси абсолютно сухого ґрунту.

Нейтронний вологомір ВНП-1. Принцип дії цього приладу заснований на здатності атомів водню уповільнювати рух швидких нейтронів (рис 6.4). До складу приладу входять електронний цифровий вимірювальний блок та давач (датчик), який суміщений в одному корпусі з джерелом швидких нейтронів. Технічні дані ВНП-1: діапазон вимірювання вологості – 0,05–0,5 г/см³ (або 5–50 %), похибка вимірювання – 0,025 г/см³ (або 2,5 %). Загальна вага комплекту без обсадних труб 5 кг.

Прилад має ряд недоліків, а саме: атоми водню входять не лише до складу води, але й до складу органічної частини ґрунту (напр. гумусу); у верхніх шарах ґрунту 0–10 і 0–20 см цим методом визначати вологість складно, оскільки на глибинах до 20 см сфера дії нейтронного методу включає не лише ґрунт, але й повітря, де концентрація атомів водню в одиниці об'єму значно нижча, ніж у ґрунті. Тому ВНП-1 рекомендують застосовувати починаючи з глибини не менше 30 см.

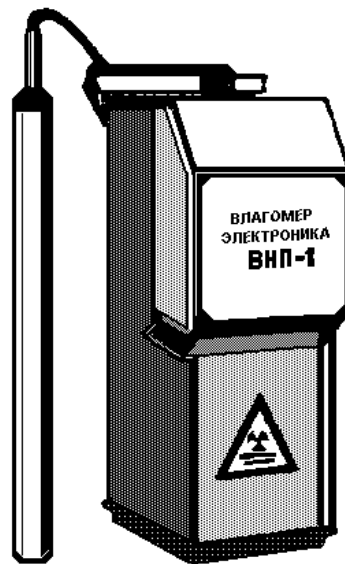


Рис. 6.4. Нейтронний вологомір ВНП-1

Серед інших методів і засобів, які можна використати для вимірювання вологості ґрунту – стаціонарний датчик вологості ґрунту корпорації Sutron (США), надвисокочастотний вологомір ґрунтових зразків СВП-5, радіолокатор для визначення вологості ґрунту, фотооптичний вологомір ґрунтових зразків тощо.

6.4. Спостереження за випаровуванням з поверхні ґрунту.

Спостереження за випаровуванням з поверхні ґрунту здійснюють за допомогою ґрунтових випарників ГПІ-500-50 (рис. 6.5). Суть методу ґрунтових випарників полягає у тому, що випаровування з ґрунту між строками спостережень визначають за зміною ваги ґрунтового моноліту, який поміщають у випарник, з врахуванням опадів, що випали за той же період часу та кількості води, яка просочилася через моноліт.

Зміну ваги ґрунтового моноліту визначають шляхом зважування випарника на механічних вагах або гідростатичним зважуванням. Оподи вимірюються за допомогою польового дощоміру. Випарники, які вазать на механічних вагах, називаються ваговими випарниками. На агрометстанціях застосовують ґрунтові випарники ГПІ-500-50 (площа 500 см², висота 50 см) або ГПІ-500-100 (площа 500 см², висота 100 см).

Також застосовують гідравлічний випарник ГГВ, який є найбільш досконалим приладом для вимірювання випаровування. Це досить складний прилад, в якому ґрунтовий моноліт масою 400 кг з випарною поверхнею 2 000 см² поміщено у поплавок, що знаходиться у баку з водою. Глибина занурення моноліту змінюється залежно від випаровування.

Випарник ГПІ-500-50 (рис. 6.5) складається з внутрішнього циліндру, дна внутрішнього циліндру, водозбірної посудини, клямки, планки, двох ручок, зовнішнього циліндру-гнізда, двох підйомних гачків, вушок та підпірок. У внутрішній циліндр поміщають ґрунтовий моноліт з непорушеною структурою. Зовнішній циліндр є гніздом для внутрішнього циліндру. На ґрунтових випарних майданчиках спостерігають за: сумарним випаровуванням, випаровуванням під рослинним покривом, опадами за дощомірам, просочуванням води через ґрунтові моноліти у випарниках та іншими величинами.

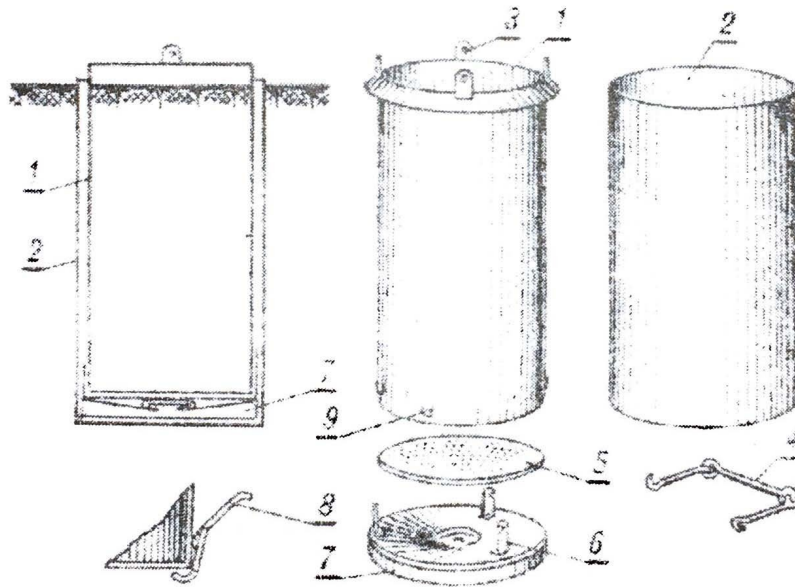


Рис. 6.5. Ґрунтові випарники ГП-500-50: 1 – внутрішній циліндр; 2 – зовнішній циліндр; 3 – дужки; 4 – ручки; 5 – вкладиш з отворами; 6 – кріплення дна; 7 – дно; 8 – клямки

Спостереження починаються навесні, після сходу снігового покриву, з моменту переходу ґрунту до "добре зволоженого стану" і проводять до промерзання ґрунту на глибину понад 5 см восени чи до моменту утворення стійкого снігового покриву. Важення випарників ГП проводять через 5 днів: 1, 6, 11, 16, 21, 26-го числа, з 7-ї до 9-ї годин ранку. Гідралічні випарники зважують три рази на добу: о 7-й, 13-й та 19-й годинах.

Кількість води, яка випарувалася (W , мм) розраховується так:

$$W = \frac{10}{S} (P_1 + P_2) + x - y \quad 6.8$$

де: S – площа випарника, см^2 ; P_1 – маса випарника з монолітом при попередньому зважуванні, кг; P_2 – маса випарника з монолітом при поточному зважуванні, кг; x – опади, що випали за період спостережень, мм; y – вода, яка просочилася через ґрунт перед поточним зважуванням, мм.

Спостереження за випаровуванням вологи досить трудомістка операція. Тому такі вимірювання проводяться на метеостанціях та дослідних станціях з використанням спеціальних стаціонарних кранів.

Атмосферні опади – це вода в рідкому або твердому стані, що випадає з атмосфери на земну поверхню. Кількість опадів вимірюють товщиною у мм шару води, який утворився б на поверхні Землі, коли б опади не стікали, не випаровувалися і не просочувалися у ґрунт. Шар опадів висотою 1 мм відповідає об'єму 1 л/м^2 або обсягу 10 т/га . Інтенсивність атмосферних опадів (I) – це кількість опадів (мм) за одиницю часу, (напр. хв.):

$$I = \frac{h}{t} \quad 6.9$$

де: h – кількість опадів, мм; t – час, хв.

Опади у вигляді снігу формують сніговий покрив. При снігомірних зйомках визначаються висота снігового покриву, щільність снігу та запаси води в ньому. Також можуть визначатися ступінь покриття ґрунту снігом та характер залягання снігового покриву. Щільність і висоту снігового покриву визначають за допомогою вагового снігоміра (рис 6.3). Даний прилад дозволяє визначити масу снігу (m , г), висоту снігового покриву (h , см) та об'єм снігу (V , см³).

Щільність снігу (d , г/см³) можна визначити так:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h} \quad 6.10$$

де: m – маса снігу, г; V – об'єм снігу, г/см³; h – висоту снігового покриву, см; n – число поділок на вагах снігоміра (ціна поділки – 5 г).

При відомих значеннях щільності снігу та його висоти запаси води (W , мм) у ньому знаходимо так:

$$W = 10 \times h \times d \quad 6.11$$

Перемножимо одержаний результат на 10 (1 мм води = 10 т/га, чи 10 м³/га води) і отримаємо запаси води на 1 га.

6.5. Завдання.

1. Визначити вологість ґрунту (W_n , %) за таких умов:

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глибина відбору зразків ґрунту – 0-5 см										
Маса бюкса, г	25,3	25,8	26,0	25,5	25,2	26,4	27,1	27,0	26,3	25,9
Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	64,1	65,3	61,9	59,1	58,4	61,7	67,3	66,4	60,1	59,2
Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	61,8	63,2	58,0	56,1	55,4	58,7	64,5	63,1	57,9	56,3
Глибина відбору зразків ґрунту – 5-10 см										
Маса бюкса, г	25,7	25,1	25,0	25,6	25,0	26,0	26,0	27,2	26,0	25,7
Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	63,9	64,1	62,6	61,5	60,4	64,4	61,1	60,3	61,8	62,6
Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	60,0	60,9	58,5	58,0	57,1	60,7	59,1	57,2	57,7	58,1
Глибина відбору зразків ґрунту – 10-20 см										
Маса бюкса, г	24,4	24,1	25,2	24,8	24,7	25,3	25,1	24,9	25,5	24,9
Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	60,7	60,2	61,7	60,9	59,7	58,8	60,3	64,1	60,7	61,5
Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	59,0	58,8	57,4	56,8	55,0	55,1	57,0	60,1	57,8	58,2
Глибина відбору зразків ґрунту – 20-30 см										
Маса бюкса, г	25,3	24,7	25,0	25,6	25,1	24,2	26,6	26,7	25,0	25,8

Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	66,8	63,2	64,6	61,7	67,6	61,8	63,1	64,2	62,5	60,4
Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	64,5	59,3	60,3	58,8	64,1	58,3	59,1	60,3	57,8	57,1
Глибина відбору зразків ґрунту – 30-40 см										
Маса бюкса, г	24,4	24,8	26,8	25,7	24,3	24,1	25,7	25,6	26,1	26,9
Маса бюкса з ґрунтом до висушування, г	62,7	63,1	65,6	63,8	67,1	63,8	64,7	64,1	63,5	61,9
Маса бюкса з ґрунтом після висушування, г	58,7	59,4	61,2	59,7	64,0	59,3	60,5	60,9	57,7	58,4

2. Розрахувати запаси вологи у ґрунті (Н, мм) за таких умов:*

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Щільність ґрунту у шарі 0-20 см (d), г/см ³	1,20	1,15	1,14	1,09	1,05	1,17	1,21	1,23	1,17	1,15
Щільність ґрунту у шарі 20-40 см (d), г/см ³	1,23	1,25	1,13	1,18	1,19	1,21	1,26	1,25	1,19	1,18

*Інші вихідні дані беруться з попереднього завдання.

3. Обчислити вміст води в ґрунті та запаси доступної продуктивної вологи (Н, мм) за таких умов:

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вологого ґрунту (m ₁ , г)	11,9	16,3	12,5	17,4	19,1	14,2	13,7	10,1	17,7	12,3
Маса сухого ґрунту (m ₂ , г)	8,3	15,4	10,1	15,1	17,7	12,2	12,0	8,0	15,1	10,3
Щільність ґрунту (d), г/см ³	1,20	1,15	1,14	1,09	1,05	1,17	1,21	1,23	1,17	1,15
Вологість в'янення (K, %)	3,0	4,7	1,2	4,8	5,9	2,7	9,1	7,3	6,8	8,1
Глибина (h, см)	30	90	70	60	100	90	40	50	70	80

4. Розрахувати водний баланс поля (В, мм) за таких умов:

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Запаси вологи у шарі ґрунту 0-100 см весною, мм	266	292	221	278	252	247	280	275	295	304
Запаси вологи у шарі ґрунту 0-100 см осінню, мм	169	154	132	145	175	160	157	149	186	195
Опади (r, мм)	147	185	194	128	155	194	157	196	144	132
Коефіцієнт поверхневого	0,23	0,34	0,12	0,24	0,15	0,18	0,22	0,20	0,19	0,14

стоку (к)										
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5. Визначте середньодобове випаровування вологи з ґрунту за випарником ГГІ-500-50 за таких умов:

Вихідні дані	Варіанти*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вага випарника при попередньому зважуванні, (M ₁ , кг)	43,5	44,1	43,3	47,7	48,3	44,9	45,6	42,4	47,2	44,0
Вага випарника у момент зважування, (M ₂ , кг)	42,8	42,6	40,8	46,0	47,1	43,9	43,7	39,1	40,4	42,9
Кількість опадів, що випали за періодами між контрольними зважуваннями, (R, мм)	10	6	12	5	9	14	18	10	3	5
Кількість води у водозбірній посудині, (I, мм)	3	1	5	2	4	8	8	3	1	2

* Тривалість досліду 5 діб.

6. Визначити водний баланс розрахункового (0-100 см) шару ґрунту і сумарного водопостачання за таких умов:

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дати визначення запасів вологи восени (W _{ос})*	30/ 10	25/ 10	31/ 10	27/ 10	25/ 10	30/ 10	25/ 10	31/ 10	27/ 10	25/ 10
Дати визначення початкових запасів вологи в розрахунковому шарі ґрунту (W _п)	03/ 04	06/ 04	04/ 04	07/ 04	02/ 04	03/ 04	06/ 04	04/ 04	07/ 04	02/ 04
Дати визначення кінцевих запасів вологи в розрахунковому шарі ґрунту (W _к)	02/ 11	04/ 11	01/ 11	03/ 11	05/ 11	02/ 11	04/ 11	01/ 11	03/ 11	05/ 11
Запаси вологи (W _{ос}), мм	121	125	147	134	152	133	115	141	135	121
Запаси вологи (W _п), мм	145	144	164	147	169	150	134	155	157	142
Запаси вологи (W _к), мм	85	90	77	80	71	90	72	67	84	91

*Дати обліку опадів за літній період — це період часу від дати визначення початкових запасів вологи до дати визначення кінцевих запасів вологи в розрахунковому шарі ґрунту. Дати обліку опадів за період осінь-зима — це період часу від дати визначення кінцевих запасів вологи до дати визначення початкових запасів вологи в розрахунковому шарі ґрунту. Кількість атмосферних опадів (W_о) за період вегетації сільськогосподарських культур (від дати (W_п) до дати (W_к) наведені у додатку 6. Кількість опадів за цілі місяці додаємо, а за неповні — спочатку знаходимо кількість опадів за один день шляхом ділення середньомісячної кількості опадів на число днів відповідного місяця, а потім, шляхом множення отриманого результату на кількість днів знаходимо опади за неповний місяць

Питання для самоконтролю та обговорення.

1. Як і з допомогою яких приладів проводять вимірювання атмосферних опадів?