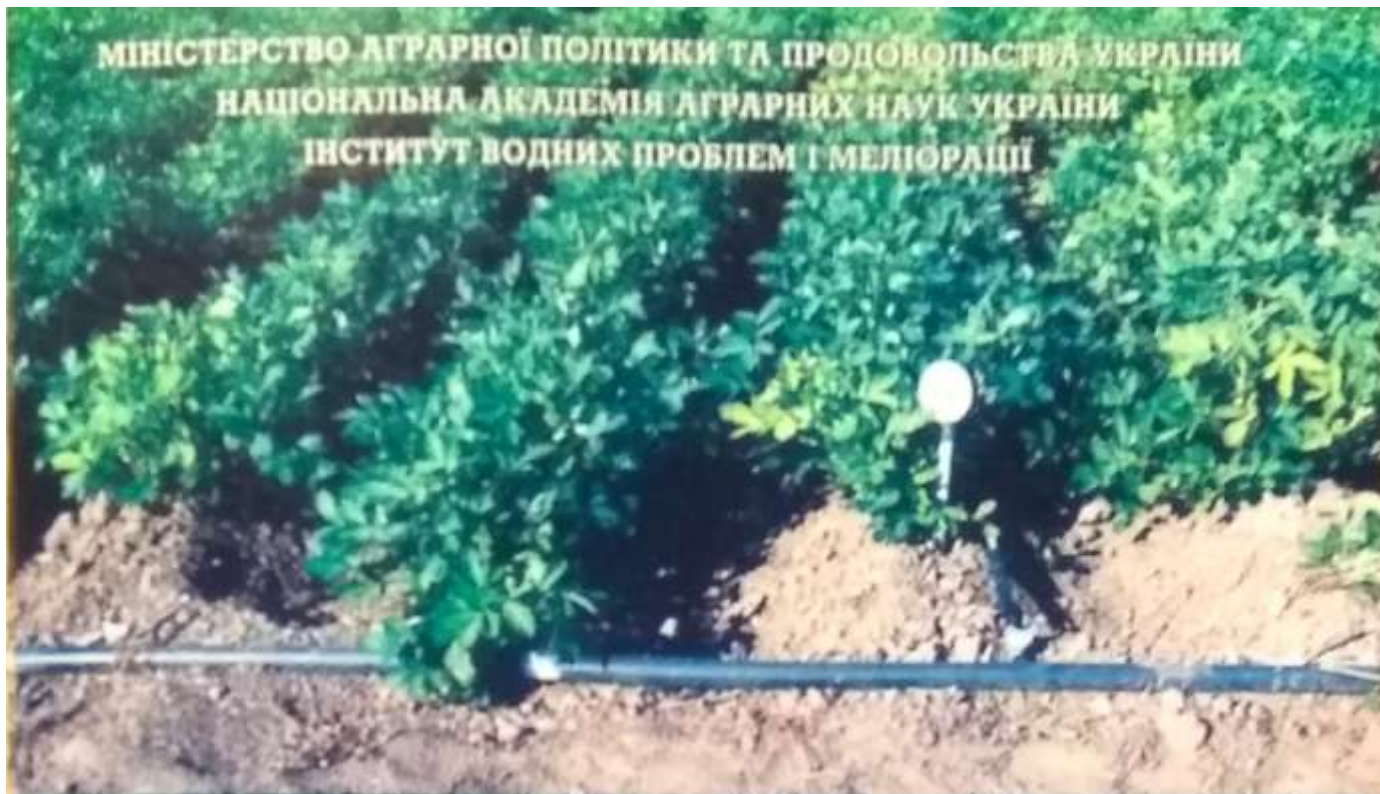


МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ



РЕКОМЕНДАЦІЇ

**з оперативного контролю та управління режимом
зрошення сільськогосподарських культур
із застосуванням тензіометричного методу**



КИЇВ - 2012

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК
ІНСТИТУТ ВОДНИХ ПРОБЛЕМ І МЕЛІОРАЦІЇ**

2

**РЕКОМЕНДАЦІЇ
З ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ
ВОДНИМ РЕЖИМОМ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ
З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕНЗІОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ**

Київ – 2009

Рекомендації підготовлені за результатами багаторічних досліджень, проведених авторами в інституті гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук з врахуванням результатів, отриманих в інших наукових установах та навчальних закладах, а також узагальнення вітчизняного й зарубіжного досвіду використання тензіометричного методу для оперативного контролю та управління вологістю кореневого шару ґрунту на зрошуваних землях.

В рекомендаціях наведені теоретичні основи тензіометричного методу, оптимальні діапазони величин тензіометричного тиску ґрунтової вологи кореневого шару ґрунту та допустима глибина його зволоження, принцип роботи, технічна характеристика та правила експлуатації тензіометрів, порядок визначення строків та норми поливу за даними вимірювань тензіометричного тиску.

Рекомендації призначені для фахівців сільського та водного господарства, фермерів, членів садівничих товариств, студентів навчальних закладів аграрного напрямку, наукових працівників.

Друге видання, доповнене.

Рекомендації підготували:

д.т.н. Ромащенко М.І., к.т.н. Корюненко В.М., к.г.-м.н. Муромцев М.М.

Схвалено і рекомендовано до друку секцією рослинництва НТР Мінагрополітики України _____ протокол №

Схвалено і рекомендовано до друку на засіданні бюро відділення рослинництва Української академії аграрних наук 6 березня 2006 р. протокол №3

Схвалено і рекомендовано до друку вченою радою інституту гідротехніки і меліорації УААН (протокол №).

З М І С Т

	С
Вступ	5
1. Призначення і область застосування	6
2. Основи тензіометричного методу	9
3. Оптимальний діапазон тензіометричного тиску ґрунтової вологи та глибини зволоження кореневого шару ґрунту....	11
4. Обладнання, принцип роботи і технічна характеристика тензіометра	12
5. Правила експлуатації тензіометрів	14
5.1. Підготовка тензіометрів до роботи	14
5.2. Установка тензіометрів в кореновому шарі ґрунту	15
5.3. Дозаправлення (перезаправлення) тензіометрів	15
5.4. Підготовка до зберігання та зберігання тензіометрів	16
6. Організація контролю тензіометричного тиску ґрунтової вологи кореневого шару ґрунту	17
6.1. Місця установки тензіометрів	17
6.2. Глибина установки тензіометрів	17
6.3. Частота вимірів тензіометричного тиску	18
6.4. Оформлення результатів вимірів тензіометричного тиску ...	18
7. Визначення вологості кореневого шару ґрунту за показниками тензіометрів	19
8. Методика визначення строків і норм поливу.....	20
8.1. Визначення строків поливу	20
Приклад визначення (прогнозування) початку проведення поливу	21
8.2. Визначення величини норми поливу	23
Приклади визначення величини норми поливу	25
Визначення величини норми поливу з використанням номограм при дощуванні	25
Визначення величини норми поливу з використанням номограм при краплинному зрошенні овочевих культур	27

ВСТУП

В сучасних умовах головним резервом збільшення плодів, ягід, винограду та іншої сільськогосподарської продукції є вдосконалення всього комплексу агротехнічних прийомів, спрямованих на підвищення врожаю та якості продукції. В системі цих заходів важливе значення має зрошення задачею якого є створення та підтримання оптимальної вологості кореневого шару ґрунту протягом вегетаційного періоду.

Забезпечення рослин вологою відповідно до потреб кожного виду культур можливе лише в разі правильно організованого режиму зрошення, тобто своєчасного проведення поливів необхідними нормами не тільки в посушливих південних областях України та в Криму, але й в достатньо зволжених її районах – в Закарпатті, Лісостепу та Поліссі.

Навіть короткочасна перерва у водопостачанні рослин, особливо в так звані критичні періоди розвитку, негативно позначається на їх стані, спричиняє зниження продуктивності сільськогосподарських культур.

Тому управління водним режимом кореневого шару ґрунту, в поєднанні з оптимальними нормами внесення добрив та мікроелементів, а також своєчасністю проведення заходів щодо захисту рослин на основі максимального використання потенційної родючості ґрунтів та ефективного використання водних ресурсів сприяє отриманню високих врожаїв якісної продукції.

Забезпечення потреб рослин у воді, тобто своєчасне проведення поливів необхідними нормами, повинно базуватись на оперативній інформації про стан вологи та доступність її рослинам в кореновому шарі ґрунту в будь-який час вегетаційного періоду.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ І ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Волога має вирішальне значення в житті рослин. Наявність в тканинах рослин достатньої кількості води – обов'язкова умова задовільної життєдіяльності рослинного організму. Забезпечення оптимальних умов для проходження всіх фізіологічних процесів в рослинах, особливо в районах з дефіцитом вологозабезпечення, можливе на основі застосування зрошення. Основою його ефективного застосування є режим зрошення який залежить від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей сільськогосподарських культур, вихідних запасів вологи кореневого шару ґрунту тощо.

В зрошуваному землеробстві розрізняють розрахунковий режим поливу, коли планування норми зрошення та строків поливу приймають з урахуванням метеорологічних показників середньопосушливого року для конкретного регіону та виду культури, а також режим поливу, що його встановлюють залежно від конкретних метеорологічних умов вегетаційного періоду в процесі зрошення [1].

Біологічною основою режиму зрошення є сумарне водоспоживання або кількість вологи витраченої з ґрунту за вегетацію на транспірацію рослин та фізичне випаровування.

Сумарне водоспоживання дає змогу визначити загальну потребу води на формування врожаю, але при плануванні режиму зрошення доцільніше мати інформацію про витрати води за окремі міжфазові періоди вегетації, що прийнято називати сумарним випаровуванням.

Планування поливних режимів може застосовуватись з використанням найбільш апробованих методів його розрахунку з обов'язковим визначенням початкових (сортових) вологозапасів та контролю динаміки вологості кореневого шару ґрунту протягом вегетації.

Головним фактором, який визначає ефективність зрошення культур є достовірність та своєчасність призначення строків чергових поливів. Діагностування строків чергових поливів сільськогосподарських культур проводять по контролю [12]:

- за динамікою вологості кореневого шару ґрунту;
- за зовнішніми морфологічними ознаками рослин;
- за фазами розвитку;
- за фізіологічними показниками листя;
- за біокліматичними коефіцієнтами.

Раніше цей метод досить широко застосовувався в практиці зрошуваного землеробства.

Відомо кілька таких виготовлених приладів "НИВ-1", НИВ-2", "ВПГР", які включали вузли зондування і підрахунку.

Метричний метод безпечно має ряд важливих переваг, проте не позбавлений і суттєвих недоліків – наявності в ґрунті окремих хімічних елементів, які перешкоджають побудові універсальної калібрувальної кривої для всіх ґрунтів.

Крім вказаних недоліків, експлуатація приладів з джерелом радіоактивного випромінювання передбачає досить суворі вимоги до роботи та зберігання такого обладнання, що зменшує коло потенційних користувачів.

Серед інших методів визначення вологості ґрунту найбільше поширення знайшли методи в основі яких лежить **електропровідність** різних за вологістю ґрунтів, а також **потенціал ґрунтової вологи** – тензіометричний тиск, що вимірюється тензіометром. Саме визначення вологості ґрунту на основі електропровідності ґрунту залежно від його вологості включає датчики-індикатори та портативний перепад. Для визначення вологості ґрунту прилад підключається до датчиків, які встановлюються в різних точках кореневого шару ґрунту, після чого поточні значення вологості відображаються на екрані дисплея.

Аналіз існуючих методів визначення сумарного випаровування, а також досвід управління водним режимом кореневого шару ґрунту свідчать, що сьогодні найефективнішим методом управління водним режимом кореневого шару ґрунту при зрошенні є тензіометричний, який має цілий ряд переваг:

- простота та доступність використання методу;
- пряме визначення доступності ґрунтової вологи;
- висока оперативність та точність визначення строків та норми поливу порівняно з розрахунковими та методами прямого визначення фактичної вологості ґрунту;
- можливість застосування автоматизованого управління водним режимом кореневого шару ґрунту;
- значне зниження затрат праці порівняно з іншими методами управління.

Тому застосування тензіометричного методу дає можливість своєчасно визначати строки та норму поливів, оскільки він ґрунтується на фактичній потребі рослин у воді з врахуванням вологості ґрунту.

Тензіометричний принцип визначення вологості ґрунту застосовується також в сучасних системах вимірювання та передачі інформації через систему GPRS-інтернет.

Для встановлення строків та норми поливу, як основний критерій, приймається нижня межа оптимальної вологості ґрунту.

Цілком природно, що різні рослини по-різному реагують на вміст вологи в ґрунті. Значення нижньої межі оптимальної вологості ґрунту залежить від кліматичних, ґрунтових умов, віку рослин, рівня агротехніки, глибини кореневого шару ґрунту, способів поливу.

При встановленні нижньої межі оптимальної вологості ґрунту повинні враховуватись також специфічні вимоги рослин – коли підвищена вологість ґрунту може викликати різні негативні явища (погіршення якості продукції, зниження врожаю, опадання зав'язі, полягання рослин тощо).

Результати багаторічних досліджень свідчать, що в середній період свого розвитку сільськогосподарські культури мають більшу потребу у воді, ніж на початку і в кінці вегетації. Значно відчутніша в цей період і реакція рослин на зрошення.

Зміни вимог рослин до вологи в різні фази їх розвитку обумовлює необхідність застосування так званих диференційованих режимів зрошення практично для всіх культур. Для кожного з цих періодів встановлюється своя нижня межа оптимальної вологості ґрунту – вологості, яка забезпечує нормальні умови життєдіяльності рослин, інтенсивний фотосинтез та транспірацію.

Зменшення вмісту вологи в рослинах нижче оптимального значення стає причиною розвитку стресових явищ, істотного зменшення врожайності.

Крім вказаних показників, що впливають на режим зрошення, важливим критерієм є допустима глибина зволоження кореневого шару ґрунту [3, 19, 20, 21, 26, 27, 28]. Величина її залежить від багатьох факторів: виду, віку та фази розвитку культур, механічного складу ґрунту, глибини обробітку, удобрення тощо.

За верхню межу оптимальної вологості ґрунту приймають найменшу вологомісткість. Тому інформація про кількість вологи і її доступність рослинам необхідна для підтримання оптимального водного режиму кореневого шару ґрунту при зрошенні різних культур.

Стан і закономірності руху ґрунтової вологи, а також доступність для рослин обумовлені зв'язком її з ґрунтом. Енергія зв'язку в оптимальному для розвитку рослин діапазоні визначається капілярним потенціалом. В польових умовах потенціал ґрунтової вологи (тензіометричний тиск) вимірюється за допомогою тензіометрів.

Застосування тензіометрів для оперативного контролю вологості кореневого шару ґрунту [6, 19, 20, 21, 22] дає можливість своєчасно встановити строки і правильно визначати норми поливу при зрошенні культур різними способами.

Оперативна інформація про вологість ґрунту може використовуватися як для прямого визначення строків і норми поливу, так і у різних автоматизованих системах управління зрошенням.

Рекомендації підготовлені за результатами багаторічних експериментальних досліджень авторів з врахуванням результатів, отриманих іншими науковими установами, а також практичного досвіду використання тензіометричного методу контролю вологості ґрунту при вирощуванні плодоягідних культур, виноградників, розсадників, овочевих, баштаних, цитрусових, зернових культур, арахісу в умовах зрошення різними способами, як у відкритому так і в закритому ґрунті [7, 13, 15, 19, 20, 21, 22, 25].

В рекомендаціях використані терміни та визначення відповідно до національних стандартів України, а саме: ДСТУ ISO 11276-2001 та ДСТУ ISO 15709:2004 [7, 8].

2. ОСНОВИ ТЕНЗІОМЕТРИЧНОГО МЕТОДУ

Для оцінки доступності ґрунтової вологи рослинам недостатньо даних про загальну її кількість. Необхідна також характеристика енергетичного стану вологи. Для характеристики енергетичного стану води в ґрунті використовують тензіометричний метод, що базується на теорії потенціалу ґрунтової вологи [4, 5, 6, 15, 18, 25].

Потенціал ґрунтової вологи є прямим енергетичним показником, що визначає стан, умови рівноваги та руху вологи в системі ґрунт-рослина-приземний шар атмосфери, а також доступність її для рослин [4-6, 25].

Повний потенціал (у літературі зустрічається термодинамічний [4, 5, 15]) об'єднує дію всіх факторів, які впливають на воду у ґрунті: гравітаційного поля; осмотичних сил, зумовлених наявністю розчинених речовин; адсорбційних сил, що виникають на поверхні розділу рідка фаза – тверда фаза; меніскових сил – на поверхні розділу рідка фаза – ґрунтове повітря; пневматичного тиску в газоподібній фазі ґрунту.

У деяких випадках на воду в ґрунті впливають не всі перераховані фактори, а лише деякі з них.

Величина повного потенціалу ґрунтової води (G) складається із трьох основних компонентів – гравітаційного, осмотичного і тензіометричного:

$$G = G_q + G_0 + G_p, \quad (1)$$

Гравітаційний (G_q) потенціал виражається різницею висот між двома рівнями ґрунтового профілю і не залежить від вологості, засолення й властивостей ґрунтів.

Осмотичний (G_0) потенціал є функцією концентрації та іонного складу ґрунтового розчину. Його величина впливає на стан і доступність ґрунтової вологи для рослин тільки на сильнозасолених ґрунтах.

Тензіометричний (G_p) потенціал або потенціал тензіометричного тиску, потенціал порової води (в літературі зустрічається тиск рідкої форми ґрунту) у свою чергу складається із двох потенціалів:

$$G_p = G_{p_s} + G_{p_e}, \quad (2)$$

де G_{p_s} – основний потенціал (в літературі зустрічається матричний, каркасний, капілярно-сорбційний потенціал) [15];

G_{p_e} – пневматичний потенціал.

Пневматичний потенціал обумовлений розходженням тисків у газовій фазі і стандартним газовим (атмосферним) тиском і не залежить від властивостей ґрунту.

Основний потенціал обумовлений взаємодією твердої і рідкої фаз ґрунту.

Еквівалентом потенціалу ґрунтової води є тиск.

Співвідношення всіх перерахованих складових повного потенціалу в ґрунтах, які не набухають, представлено на рис. 1.

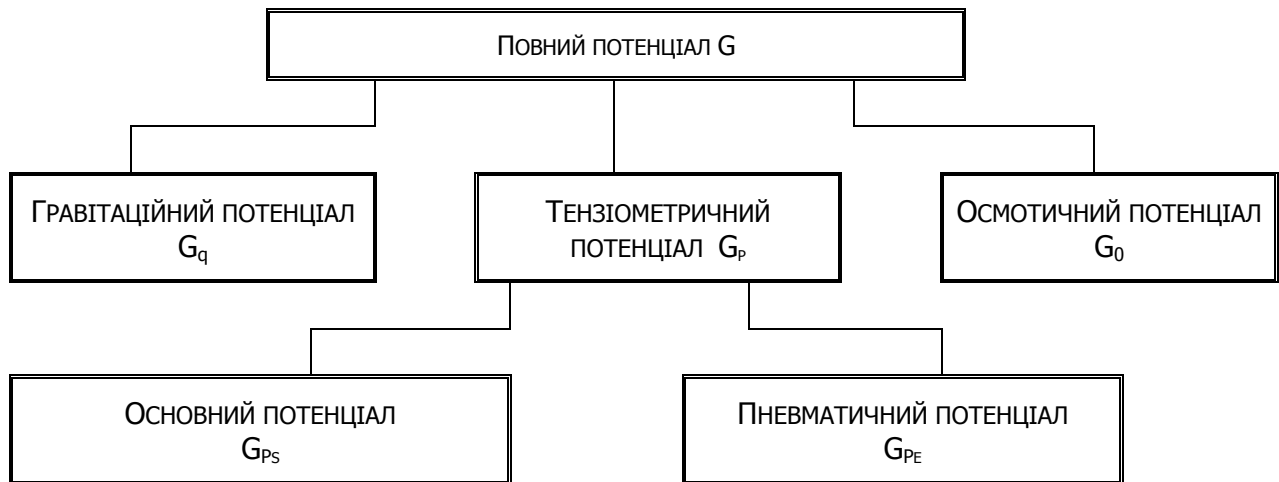


Рис.1. Схема складових повного потенціалу у ґрунтах, які не набухають

Максимальний вміст води у ґрунті при повній вологомісткості (ПВ) відповідає максимальній величині тензіометричного тиску ($P_s = 0$). Зі зменшенням вмісту води тиск зменшується ($P_s < 0$).

У діапазоні води від повної вологомісткості (ПВ) до 50-60% найменшої вологомісткості (НВ) основна роль у взаємодії води з твердою фазою ґрунту належить капілярно-сорбційним силам. Тому при контролі стану й доступності ґрунтової води для рослин з метою визначення строків і норм поливу розглядають тільки одну складову повного потенціалу ґрунтової води – тензіометричний тиск (P_s) [15].

Для кожного типу ґрунту існує зв'язок між величиною тензіометричного тиску (P_s) і вологістю ґрунту (W) – ваговою або об'ємною $P_s = f(W)$.

Відповідність величини тензіометричного тиску (P_s) найменшій вологомісткості (НВ) та певному значенню вологості (W) для різних типів ґрунтів може бути представлена графічно у вигляді кривих залежностей тиску від вологості ґрунту, які називаються кривими водоутримуваності ґрунту або кривими утримуваності води ґрунтом (рис.2). Цей термін прийнятий Міжнародним конгресом ґрунтознавців у 1974 році [15]. Крім того в літературі зустрічаються й інші назви: характеристичні криві ґрунтової води або основна гідрофізична характеристика ґрунту (ОГХ) [4, 5, 15]. Ці залежності можуть бути представлені також у табличній формі (табл.1). Причому у тому і іншому випадку вологість ґрунту (W) виражена в долях одиниці, у % від маси абсолютно сухого ґрунту, у % від об'ємної вологості ґрунту або ж у % від НВ (об'ємної або вагової).

Оперативний контроль та управління водним режимом ґрунтів на зрошуваних землях з застосуванням тензіометричного методу зводиться до створення та підтримання протягом періоду вегетації оптимального діапазону тензіометричного тиску (вологості) в кореневому шарі ґрунту.

Як одиниця виміру тиску порової води (тензіометричного тиску P_s) в системі СІ використовується Паскаль (Па). У практичних вимірах поширені технічні одиниці виміру тиску – атмосфера (атм.), бар (bar), метри водного стовпа (м водн. ст.),

$$1 \text{ атм.} = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}; \quad 1 \text{ м. водн. ст.} = 10 \text{ кПа} = 0,01 \text{ МПа}; \\ 1 \text{ бар} = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}, \quad 1 \text{ кгс/см}^2 = 100 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}.$$

В “Рекомендаціях” використовується одиниця виміру тензіометричного тиску – кПа.

3. ОПТИМАЛЬНИЙ ДІАПАЗОН ТЕНЗІОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ ТА ГЛИБИНА ЗВОЛОЖЕННЯ

Нормальний ріст і розвиток рослин проходить при оптимальному вмісті ґрунтової вологи, що охоплює деякий її інтервал – діапазон оптимальної вологості ґрунту [15, 20, 22, 27]. Цей інтервал становить лише частину доступної для рослин вологи.

Регулювання водного балансу рослин з застосуванням зрошення забезпечує оптимальні умови для проходження всіх фізіологічних процесів, які зумовлюють одержання високих та якісних врожаїв.

Відповідно для кожного виду рослин й типу ґрунтів існує діапазон оптимального тензіометричного тиску, підтримання якого протягом періоду вегетації забезпечує сприятливі умови для їхнього росту і розвитку.

Таблиця 1 Відповідність величини тензіометричного тиску (P_s , кПа) певному значенню вологості (W , % НВ) для різних типів ґрунтів

Ґрунти	Вологість ґрунту, (W , % НВ)							
	100	95	90	85	80	75	70	65
Піщані, супіщані	8	10	17	24	33	44	59	65
Легкосуглинкові	10	12	19	26	35	47	63	70
Середньосуглинкові	13	17	23	30	38	51	68	80
Важкосуглинкові	15	19	25	34	43	57	74	84

Нижня границя діапазону залежить від виду та фаз розвитку рослин, водно-фізичних властивостей ґрунтів, метеорологічних умов та способу поливу. На підставі узагальнення результатів багаторічних досліджень, отриманих в попередні роки з питань використання тензіометричного методу для визначення строків і норм поливу за краплинного зрошення плодово-ягідних культур, виноградарників, овочевих, баштанних, цитрусових, зернових

культур, арахісу, а також багаторічних експериментальних даних, що отримані авторами, для практичного використання рекомендуються величини передполивної вологості кореневого шару ґрунту ($W_{\text{ппв}}$) та відповідні значення тензіометричного тиску (P_s) в таблицях 3-7; 9-12.

В таблиці 9 наведені значення передполивної вологості кореневого шару ґрунту при вирощуванні основних сільськогосподарських культур на різних ґрунтах з застосуванням дощування.

Для створення оптимального водного режиму ґрунту (діапазону оптимального тензіометричного тиску), крім передполивної вологості, важливим показником, що впливає на її величину, є допустима глибина зволоження [3, 19, 20, 21, 28]. Головними чинниками, що зумовлюють цю глибину зволоження, є характер розвитку та розміщення кореневої системи рослин, а також умова недопущення інфільтраційних втрат поливної води за межі кореневого шару ґрунту.

Для кожної культури (групи культур) глибина зволоження різна. Змінюється її величина також протягом періоду вегетації – від меншого значення на його початку до максимального – в кінці. Тому при визначенні величини норми поливу крім передполивної вологості ($W_{\text{ппв}}$) ґрунту, об'ємної маси (γ) та найменшої вологомісткості (НВ) необхідно враховувати глибину зволоження ґрунту (z). Значення допустимих глибин зволоження, що рекомендуються для різних культур в різні фази їх розвитку, наведені в таблицях 3-6, 8-12.

Передполивні значення тензіометричного тиску, що наведені в таблицях 3, 5-7, 10-12, рекомендується використовувати на середніх за механічним складом ґрунтах. На легкосуглинкових, супіщаних ґрунтах величини тензіометричного тиску необхідно зменшити (за абсолютною величиною) на 5 кПа, а на важких – збільшити на таку ж величину згідно з таблицею 1.

4. ОБЛАДНАННЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ І ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕНЗІОМЕТРА

Для вимірювання тензіометричного тиску в ненасичених ґрунтах застосовується тензіометр. В найпростішому варіанті він складається з пористого зонда, з'єднувальної трубки та вимірювача тиску.

Принцип роботи тензіометра заснований (базується) на досягненні рівноваги тиску вологи в ґрунті та тиску води у зонді. Основна частина тензіометра – пористий керамічний зонд, який характеризується водопроникністю та тиском барботування (проникнення повітря через пори зонда).

Тиск барботування визначає діапазон вимірювання тензіометричного тиску (інтервал тиску в якому може працювати тензіометр), а водопроникність – швидкість встановлення рівноваги між тиском в тензіометрі і тензіометричним тиском вологи в ґрунті.

Зонд виготовляється з керамічного матеріалу з максимальним розміром пор не більше 1 мкм. З'єднувальна трубка призначена для з'єднання пористого зонда з вимірювачем тиску. Вона може бути скляна, металева, поліетиленова, полівінілхлоридна. Як вимірювачі тиску можуть використовуватись вакуумметри, індикатори годинникового типу, а також рідинні манометри – водяні або ртутні. Важливою характеристикою є інерційність під час замірів тензіометричного тиску, тобто невідповідність показань тензіометра в момент заміру фактичній величині тензіометричного тиску. Основною причиною інерційності є наявність у тензіометрі повітря, яке дифундує через пори зонда.

Інерційність тензіометра залежить також від наявності в його системі нежорстких елементів, що деформуються і змінюють свій об'єм. Тому всі деталі тензіометра повинні бути жорсткими та міцними. Незначними змінами об'єму повітря повинен характеризуватись і вимірювач тиску.

На інерційність тензіометра впливають також розміри зондів (точніше, площа контакту з ґрунтом), що використовуються та їх водопроникність.

При використанні зондів великих розмірів, особливо в діапазоні вимірювання тензіометричного тиску в ґрунтах з низькою вологістю, з тензіометра може витратитись значний об'єм води, а при використанні малих зондів та спостереження за тензіометричним тиском у ґрунтах з високим рівнем вологості має місце висока інертність тензіометра.

Конструктивно тензіометри можуть бути різні. Для проведення наукових дослідів з вивчення водного режиму кореневого шару ґрунту, ненасичених ґрунтів зони аерації, а також визначення основних характеристик ґрунтів як в польових так і в лабораторних умовах можуть використовуватись керамічні зонди різних розмірів та конструкцій – довжиною від 69 до 260 мм, діаметром від 5 до 28 мм. Як водна камера може використовуватись поліетиленова або поліхлорвінілова трубка діаметром 3,5-5,0 мм.

Для вимірювання тензіометричного тиску використовують ртутний чашковий манометр.

Для виробничих цілей в нашій країні випускався тензіометр АМ-20-ІІ з вимірювачем тиску індикаторного годинникового типу. Сьогодні серійно тензіометри не випускаються. Для управління водним режимом ґрунтів у нас використовують тензіометри виробництва Польщі, Ізраїлю тощо.

Враховуючи багаторічний досвід використання тензіометрів, як в процесі проведення наукових досліджень, так і в виробничих умовах, а також вимоги, що викладені вище щодо розмірів зондів, їх пористості (розмірів пор), матеріалу з'єднувальних трубок, глибин вимірювання та вимірювачів тензіометричного тиску авторами розроблена оптимальна конструкція тензіометра для використання у виробництві з метою оперативного управління водним режимом кореневого шару ґрунту, схема якого представлена на рис.2.

Він складається:

1. Пористий циліндричний керамічний зонд. Довжина робочої частини якого складає 150 мм, діаметр –18 мм, розмір пор – 0,7-1,0 мм, товщина стінки – 2 мм. Діапазон надійної роботи тензіометра з такими керамічними зондами складає від 0 до 85-90 кПа.
2. Водна камера – поліпропіленова жорстка трубка діаметром 20 мм з товщиною стінки 3 мм і довжиною до 1 м. Визначається довжина трубки глибиною встановлення тензіометра в кореновому шарі ґрунту.
3. Штуцер латунний для герметичного з'єднання водної камери з вимірювачем тиску.
4. Вимірювач тиску – вакуумметр класу точності 1,5 або 2,5.
На тензіометр розроблені технічні умови (ТУ), налагоджено випуск.

Принцип роботи тензіометра ґрунтується на властивості керамічного зонда пропускати воду й розчинені в ній речовини і не пропускати повітря. При дотиканні стінок зонда, пори якого насичені водою, з ненасиченим ґрунтом, вода з водної камери тензіометра під дією капілярно-сорбційних сил переміщується в ґрунт до досягнення рівноваги між потенціалом води у водній камері тензіометра і потенціалом води в ґрунті.

При підвищенні вмісту вологи в ґрунті (опади, поливи) навпаки – волога з ґрунту надходить у водну камеру тензіометра. При цьому стрілка вакуумметра буде пересуватися убік "0".

Технічна характеристика тензіометра:

1. Діапазон виміру тензіометричного тиску, кПа, від 0 до 85-90.
2. Діапазон вологості ґрунту, що відповідає робочому діапазону тензіометричного тиску, від ПВ до 60-70% НВ.
3. Довжина (висота) водної камери визначається інтервалом глибин контролю вологості ґрунту і може змінюватися від 0,10 м до 1,00 м і більше.
4. Вага тензіометра заправленого водою, кг:
 - з вакуумметром класу точності 1,5 – 0,45-0,72;
 - з вакуумметром класу точності 2,5 – 0,29-0,56;
5. Діапазон робочих температур, °С – від 2 до 50.

5. ПРАВИЛА ЕКСПЛУАТАЦІЇ (ВИКОРИСТАННЯ) ТЕНЗІОМЕТРІВ

5.1. Підготовка тензіометрів до роботи

Перед підготовкою тензіометра до роботи необхідно перевірити його комплектність. Керамічний зонд тензіометра рекомендується брати в руки, попередньо обгорнувши його папером, поліетиленовою плівкою або ж іншим матеріалом.

Перевірку тензіометра на герметичність проводять у режимі випаровування в приміщенні або на відкритому повітрі при температурі не нижче 20⁰С і відносній вологості не вище 80%.

Для перевірки необхідно:

- заправити водну камеру тензіометра через отвір штуцера деаерованою (прокип'яченою) теплою водою з температурою 30-40⁰С;
- заповнити теплою деаерованою водою камеру вакууметра;
- приєднати вакууметр через штуцер до водної камери;
- установити тензіометр у вертикальному положенні і спостерігати за рухом стрілки вакууметра. Відхилення стрілки вакууметра від "0" шкали у бік "-100" на величину не менш 30-35 кПа протягом 30 хвилин свідчить про придатність тензіометра до роботи.

Перевірені та підготовлені до роботи тензіометри перед установкою в полі опускають у воду на висоту керамічного зонда й витримують в такому положенні 1-2 години. Це необхідно для заповнення пор зонда водою, яка витрачена на випаровування при перевірці тензіометра.

5.2. Установка тензіометрів в кореновому шарі ґрунту

Для установки тензіометра невеликим ручним буром, діаметр якого відповідає діаметру керамічного зонда тензіометра, на необхідну глибину роблять отвір в ґрунті.

Із ґрунту, взятого безпосередньо в місці буріння отвору, готують ґрунтову пасту, якою змазують керамічний зонд тензіометра, частину пасти (20-50 мл) заливають в отвір. Це необхідно для забезпечення надійного контакту стінок зонда із ґрунтом.

В отвір встановлюють керамічний зонд з водною камерою тензіометра, а вільний затрубний простір тампонує ґрунтом для виключення прямого попадання води при поливах або опадах безпосередньо в отвір.

Вакууметр тензіометра закривають поліетиленовим чохлам, що виключає попадання води й пилу всередину вакууметра.

Знімати показання можна не раніше, ніж через добу після установки тензіометрів у ґрунт.

5.3. Досягнення (перезаправлення) тензіометрів водою

У результаті дифузії повітря через пори керамічного зонда, а також у випадках прориву вакууму при висиханні ґрунту за несвоєчасних поливів нижче вологості, що відповідає діапазону роботи тензіометрів, у водній камері тензіометра може накопичуватися повітря, наявність якого збільшує інерційність приладу.

З метою профілактики й підвищення надійності роботи, динамічності та точності одержання інформації про стан і доступність ґрунтової вологи

необхідно один раз на місяць проводити профілактичне дозаправлення тензіометрів водою безпосередньо в полі.

Дозаправляють тензіометри в такій послідовності:

– не витягуючи тензіометра з ґрунту вакуумметр від'єднують від водної камери;

– вакуумметр і водну камеру тензіометра заповнюють деаерованою водою, після чого вакуумметр знову приєднують до водної камери.

Перезаправляють тензіометри тоді, коли виник прорив вакууму, викликаний пересушенням ґрунту в результаті несвоєчасних поливів. Про прорив вакууму буде свідчити встановлення стрілки вакуумметра на "0" за відсутності поливів або опадів. Перезаправлення тензіометрів проводиться аналогічно дозаправленню в процесі профілактики.

Приступати до зняття показань після дозаправлення (перезаправлення) тензіометрів водою необхідно через добу.

5.4. Підготовка до зберігання та зберігання тензіометрів

Для того щоб витягти тензіометр ґрунт навколо нього підкопують. Виймають тензіометр, взявши рукою за водну камеру нижче штуцера. Отвір після цього тампують ґрунтом.

Тензіометр обережно очищають від ґрунту й укладають у тару для транспортування.

Після доставки тензіометрів у приміщення вакууметри відкручують, з водної камери видаляють воду, промивають і висушують.

Для видалення з пор керамічного зонда солей, механічних часточок ґрунту, що відклалися в процесі експлуатації, зонд промивають у такій послідовності:

– у 2%-ному розчині хлорного вапна протягом години при температурі 30-40⁰С;

– у 10%-ному розчині хлорного вапна протягом 30 хв. при температурі 20-25⁰С;

– у 10%-ному розчині соляної кислоти протягом 1 години при температурі 15-25⁰С;

– у дистильованій воді протягом 10-15 хв. при температурі 15-25⁰С.

Після промивання керамічних зондів тензіометри просушують і укладають в тару на зимове зберігання. Зберігати тензіометри необхідно в сухих приміщеннях.

Вакууметри в процесі зимового зберігання здають у зональну метрологічну лабораторію для метрологічної атестації на відповідність технічних характеристик і, за необхідності – профілактичного ремонту.

6. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ТЕНЗІОМЕТРИЧНОГО ТИСКУ ҐРУНТОВОЇ ВОЛОГИ КОРЕНЕВОГО ШАРУ ҐРУНТУ

6.1 Місця установки тензіометрів

Місця установки тензіометрів на площі зрошення залежать від способу й техніки поливу, конструкції системи зрошення, організації зрошення.

На ділянках, де зрошення проводиться шланго-барабанними машинами, тензіометри встановлюють на відстані $1/3$ та $2/3$ довжини поливної штанги (консолі) або ж радіусу поливу дощувального апарату по середині смуги дощу.

При зрошенні дощувальними машинами "Фрегат" і "Дніпро", тензіометри встановлюють по довжині крила дощувальної машини між 2-3, 6-7 й 11-12 візками на відстані 20-50 м від вихідної позиції машин.

На землях, які зрошуються дощувальними машинами "Кубань", тензіометри встановлюють по обидві сторони від зрошувального каналу (по довжині крила машини) на відстані $1/3$ й $2/3$ довжини крила від каналу й на відстані 20-50 м від вихідної позиції дощувальної машини.

При зрошенні сільськогосподарських культур машинами ДДА-100М тензіометри встановлюють також по обидві сторони від зрошувача вздовж крила машини на відстані 10-15 й 35-40 м. Тензіометри розміщують на відстані 20-25 м від початку вихідної позиції дощувальної машини.

При краплинному зрошенні садів, ягідників, розсадників, виноградників, цитрусових культур тензіометри необхідно встановлювати під 3-4 представницькими рослинами основного сорту на відстані 30-40 см від рослини. На овочевих, баштанних, технічних культурах, арахісу тензіометри встановлюють по одному в 2-3 точках площі одночасного поливу на відстані 0,10 м від вісі ряду.

6.2. Глибина установки тензіометрів

Тензіометри необхідно встановлювати в межах кореневого шару Ґрунту.

Глибина установки й кількість тензіометрів в одній точці контролю залежить від виду й фази розвитку рослини.

Для овочевих, баштанних культур, більшості польових сільськогосподарських культур, арахісу, розсадників, ягідників, садів на слаборослих підщепах глибина проникнення основної маси кореневої системи в яких не перевищує 0,40-0,50 м, контролювати тензіометричний тиск (вологозапаси) кореневого шару Ґрунту з достатньою для практичних цілей точністю можна одним тензіометром в кожній точці контролю.

Рекомендовані інтервали глибин контролю при зрошенні цих культур за фазами розвитку наведені в таблицях 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12.

За краплинного зрошення садів на насінневих та середньорослих підщепах, виноградників, хмелю, цитрусових культур, а також при зрошенні дощуванням польових культур (зернові культури, багаторічні трави, тощо) потужність кореневого шару та глибина зволоження яких більше 0,5 м з

метою достовірного визначення вологості кореневого шару ґрунту в кожній точці контролю необхідно встановлювати два тензіометри на різних глибинах. Рекомендовані інтервали глибин установки тензіометрів залежно від виду культури та фази її розвитку наведено в таблицях 3, 4, 9, 10.

6.3. Частота вимірів тензіометричного тиску

Виміри тензіометричного тиску (запис показань тензіометрів) повинні виконуватися із частотою (періодичністю), що забезпечує своєчасне проведення поливів.

Частота проведення вимірів залежить від способу поливу, виду культури, водно-фізичних властивостей ґрунтів, метеорологічних умов, які визначають інтенсивність водоспоживання, періоду спостережень (після проведення чергового поливу або випадання опадів, перед черговим поливом), тривалості міжполивного періоду.

Досвід використання тензіометрів свідчить, що при краплинному зрошенні плодкових культур, виноградників, а також при дощуванні основних сільськогосподарських культур для визначення строків і норм поливу заміри тензіометричного тиску в умовах середньо- і важкосуглинкових ґрунтів необхідно проводити 1 раз у 2-3 дні протягом перших 5-6 днів після чергового поливу або випадання більше 20-30 мм дощів і щодня – в інший час перед черговим поливом.

В умовах легкосуглинкових і супіщаних ґрунтів, де поливи проводяться меншими поливними нормами, відповідно вологозапасів менше і витрачаються вони значно швидше, заміряти тензіометричний тиск необхідно протягом перших 3-4 днів після поливів через день, пізніше – щодня.

При краплинному зрошенні овочевих культур в умовах середньо- та важкосуглинкових ґрунтів заміри тензіометричного тиску після поливу проводять через день, пізніше – щодня. В умовах легкосуглинкових та супіщаних ґрунтів спостереження за тензіометричним тиском необхідно проводити щоденно.

Для виключення впливу температури на показники тензіометрів, заміри треба проводити в один і той же час доби, краще вранці.

6.4. Оформлення результатів вимірів тензіометричного тиску

Результати вимірів тензіометричного тиску заносяться в журнал (табл. 2), що ведеться для кожної зрошуваної культури.

Графи 1-10 заповнюються безпосередньо у полі в процесі проведення вимірів. В графу 11 заносять середньоарифметичне значення тензіометричного тиску в точках контролю.

Передполивні значення тензіометричного тиску (P_s) (графа 12) записують в журнал з табл. 1.

Рекомендована форма журналу може бути доповнена іншими показниками, зокрема, графою про прогнозні строки поливу.

7. ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ КОРЕНЕВОГО ШАРУ ҐРУНТУ

ЗА ПОКАЗНИКАМИ ТЕНЗІОМЕТРІВ

Визначення вологості ґрунту за показниками тензіометрів можливе тільки за наявності залежностей $P_s = f(W)$ для різних типів ґрунтів.

Враховуючи те, що зараз існує багато польових та лабораторних способів визначення цих залежностей, в практику використання тензіометрів для визначення строків і норм поливу можна рекомендувати простий і доступний спосіб, який базується на проведенні синхронних вимірів тензіометричного тиску за допомогою тензіометрів і визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим способом.

Залежність тензіометричного тиску від вологості ґрунту в польових умовах може бути отримана безпосередньо в процесі оперативного контролю ґрунтових вологозапасів або ж на спеціально обладнаних для цього площадках.

У першому випадку залежність встановлюється у такій послідовності.

Після проведення чергового поливу, коли вологість ґрунту відповідає НВ або навіть вища, на відстані 0,30-0,40 м від тензіометра в 4-разовій повторності відбирають проби для визначення вологості ґрунту термостатно-ваговим способом. У момент відбору проб записують показання тензіометра і з врахуванням поправки (P_n) визначають величину тензіометричного тиску (P_s).

Наступний відбір проб на вологість проводять при зміні величини тензіометричного тиску на -5 – -10 кПа порівняно з початковим його значенням. Синхронні визначення вологості ґрунту за певних значень тензіометричного тиску проводять у всьому діапазоні його зміни. За отриманими величинами P_s та W будують залежність $P_s = f(W)$ у вигляді графіка (рис.2) або ж у вигляді таблиці (табл.1).

Встановлення залежності $P_s = f(W)$ на спеціально обладнаних площадках проводять аналогічно. Різниця полягає лише в тому, що у цьому випадку площадку, в межах якої встановлюють тензіометри на різну глибину (наприклад, через 0,1 м до глибини 1,0 м), заливають водою до повного насичення ($P_s = 0$) і уже потім роблять відбори проб та визначають вологість для фіксованих значень тензіометричного тиску (наприклад, для $P_s = 0, -5, -10, -20, -30, -40, -60, -80$ кПа).

Результати аналізу даних отриманих численними дослідниками, а також авторами цих "Рекомендацій", дозволяють рекомендувати узагальнені за типами ґрунтів залежності $P_s = f(W)$, які представлені на рис.3. Для зручності та практичного використання цих залежностей вони наведені в табличній формі (табл. 1).

8. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ І НОРМИ ПОЛИВУ

8.1. Визначення строків поливу

За показниками тензіометрів поливи необхідно призначати при зниженні тензіометричного тиску ґрунтової вологи (вологості) кореневого шару ґрунту до передполивних значень.

Якщо у вертикальному розрізі кореневого шару ґрунту у кожній точці контролю встановлено по одному тензіометру (наприклад, тільки на глибині 0,30 м) і на площі зрошуваного поля є 4 точки контролю, то полив призначають при зниженні тензіометричного тиску до передполивного значення в 3-х точках контролю з 4-х. При контролі в 3-х точках полив призначається при зниженні його до передполивного значення в 2-х точках з 3-х. Якщо ж контроль проводиться в 2-х точках, то для призначення поливу тензіометричний тиск повинен знизитися до передполивного в обох точках контролю.

У разі установки тензіометрів на 2-х глибинах кореневого шару (наприклад, на 0,30 й 0,70 м), поливи призначають при зниженні тензіометричного тиску до передполивного значення на будь-якій з цих глибин.

Дані оперативного контролю стану й доступності ґрунтової вологи для рослин за допомогою тензіометрів можуть використовуватися для короткострокового (на 3-5 діб) прогнозування строку чергового поливу. Прогнозування проводиться за добовою інтенсивністю (швидкістю) зниження тензіометричного тиску.

Визначення інтенсивності зниження тензіометричного тиску (вологозапасів) кореневого шару ґрунту особливо необхідно для організації та коригування величини норми поливу на великих масивах зрошення з використанням різних способів і техніки зрошення. Зокрема, дощувальних машин кругової та фронтальної дії, систем мікрозрошення та поверхневого поливу, де конструкцією системи або ж дощувальної установки передбачено тривалість проведення кожного чергового поливу протягом кількох днів.

За таких обставин, для недопущення зниження вологості кореневого шару ґрунту на масиві (площі) зрошення нижче передполивного значення, розпочинати **перший вегетаційний полив**, або ж **полив після випадання сильних дощів (злив)** необхідно не в момент зниження вологості ґрунту до передполивних значень, а раніше в межах оптимального діапазону вологості, що рекомендується для культури в певну фазу її розвитку.

Такий підхід до визначення строку початку поливу необхідний для того, щоб не допустити зниження вологості кореневого шару ґрунту нижче передполивного значення в процесі проведення чергового поливу – від початку до закінчення.

Приклад визначення (прогнозування) початку проведення поливу.

Вихідна інформація:

Грушевий сад на слаборослих підщепах площею 40 га зрошується з використанням системи краплинного зрошення. Зволоження ґрунту вздовж рядів рослин у вигляді смуг проводиться за допомогою поливних трубопроводів з інтегрованими краплинними водовипусками на глибину до 0,45 м. Схема садіння 4x1,5 м. Ґрунти середньосуглинкові, найменша вологомісткість складає 30% об'єму.

Для своєчасного проведення поливів в період інтенсивного водоспоживання вся територія саду на стадії проектування розділена на модульні ділянки площею 5 га кожна, які об'єднані у 8 циклів поливу. Площа щодобового поливу складає 10 га при тривалості поливу 16 годин та нормі поливу 50 м³/га. Така конструкція системи краплинного зрошення дозволяє організувати полив на всій площі саду за 4 дні при максимальному значенні величини норми поливу та мінімальній тривалості міжполивного періоду – 4 дні. Контроль потенціалу ґрунтової вологи кореневого шару ґрунту проводиться за допомогою тензіометрів, які встановлені на кожній ділянці одночасного поливу в трьохкратній повторності в інтервалі глибин 0,20-0,30 м.

В один із днів спостережень величини тензіометричного тиску (P_s) в трьох точках контролю на ділянці одночасного поливу складала: -20 і -21 та -19 кПа.

Через два дні показники тензіометрів змінились і набули значень відповідно: -31, -33 та -32 кПа.

Визначити строк початку проведення **першого вегетаційного поливу** за результатами спостережень динаміки тензіометричного тиску. Рекомендована передполивна вологість ґрунту на початку періоду вегетації становить 70% НВ, що відповідає -68 кПа (табл.1).

Встановлення дати початку поливу можна на основі визначення інтенсивності зниження вологості кореневого шару ґрунту з використанням основної гідрофізичної залежності $P_s = f(W)$ (рис.3). Тобто за змінами величин тензіометричного тиску, які зафіксовані за певний відрізок часу (між двома спостереженнями), визначають інтенсивність зниження вологості кореневого шару ґрунту.

Потім за величинами поточного та передполивного значень вологості шару ґрунту визначають запаси вологи.

Кількість днів, протягом яких вологість знизиться до передполивного значення, буде визначатись як частка від ділення величини оптимальних запасів на інтенсивність зниження вологості.

Починати полив необхідно за 4 дні до досягнення передполивного значення вологості кореневого шару ґрунту, що відповідає передполивному значенню тензіометричного тиску – 68 кПа.

Однак для практичного використання з достатньою точністю встановлювати прогнозний строк початку поливу можна значно простіше (оперативніше) за інтенсивністю зміни тензіометричного тиску. Це не потребує перерахунків тензіометричного тиску у вологість і навпаки.

Визначення проводиться в такій послідовності:

– визначають середньодобову інтенсивність зміни тензіометричного тиску:

$$i_{\text{ср.}} = \frac{\frac{-31 - (-20)}{2} + \frac{-33 - (-21)}{2} + \frac{-32 - (-19)}{2}}{3} = \frac{-5,5 + (-6,0) + (-6,5)}{3} = -6,0 \text{ кПа};$$

– знаходять різницю між передполивним значенням тензіометричного тиску і середнім (поточним) значенням:

$$P_s = -68 - (-32) = -36 \text{ кПа};$$

– визначають кількість днів протягом яких тензіометричний тиск має знизитись до передполивного значення:

$$T = \frac{-36}{-6} = 6 \text{ днів.}$$

На невеликих площах зрошення, де конструкцією системи передбачено одночасний полив всієї ділянки, або ж полив її за одну добу, полив необхідно було б розпочинати через 6 днів при наявності стабільних метеоумов.

В цьому ж випадку з метою недопущення зниження вологості кореневого шару ґрунту нижче оптимальних значень черговий полив необхідно розпочинати раніше на 4 дні і проводити його на третій, четвертий, п'ятий, шостий день. Тензіометричний тиск перед поливами відповідно має складати: -50, -56, -62 та -68 кПа.

Виходячи з цього, величина норми поливу повинна змінюватись від мінімальної (12,5 м³/га), в перший день поливу, до максимальної (50,0 м³/га) – в останній, оскільки вологість з кожним днем буде знижуватись, досягаючи рекомендованого передполивного значення в останній день поливу.

Аналогічно визначається початок чергового вегетаційного поливу через певний час після сильних дощів (злив), коли вологість кореневого шару ґрунту на всій площі "нівелюється" незалежно від часу проведення попереднього поливу.

Наступний черговий полив саду повинен проводитись послідовно на кожній ділянці одночасного поливу відповідно до рекомендованих передполивних значень. Таким чином, на початок кожного чергового поливу на всій площі зрошення має місце різна фактична вологість ґрунту. Ці значення вологості кореневого шару ґрунту знаходяться в межах рекомендованого діапазону для конкретної фази (періоду) вегетації сільськогосподарських культур

8.2. Визначення величини норми поливу

Визначення величини норми поливу за допомогою тензіометрів можна проводити різними способами:

а) безпосередньо за змінами показань тензіометрів під час поливу. У цьому випадку полив триває доти, поки величини тензіометричного тиску в інтервалах глибин, де встановлені тензіометри, не досягнуть значень НВ для даного типу ґрунту (табл. 1).

б) розрахунком – за дефіцитом вологозапасів у кореновому шарі ґрунту при зрошенні дощуванням за формулою:

$$m = 100 z (W_{\text{НВ}} - W_{\text{ппв}}),$$

де m – норма поливу, м³/га;

z – потужність коренового шару ґрунту, м;

$W_{\text{НВ}}$ – найменша вологомісткість коренового шару ґрунту, % об'єму;

$W_{\text{ппв}}$ – середнє значення передполивної вологості коренового шару ґрунту, % об'єму.

Значення найменшої вологомісткості (НВ) та передполивної вологості ґрунту ($W_{\text{ппв}}$) для кожного типу ґрунту знаходять за величинами тензіометричного тиску відповідно даних табл.1 та за графіками залежності $P_s = f(W)$ (рис. 2);

в) розрахунком величини норми поливу за краплинного зрошення плодово-ягідних культур, винограду, овочевих культур за формулою:

$$m = 100z \cdot S(W_{\text{НВ}} - W_{\text{ппв}}),$$

де S – частка площі зволоження в загальній площі живлення рослин. Для культур з розрідженою схемою посадки при зволоженні коренового шару ґрунту локально біля кожної рослини S визначається:

$$S = \frac{F}{a \cdot b}, \text{ частка одиниці,}$$

де F – фактична площа зволоження крапельними водовипусками під однією рослиною;

a – відстань між рядами дерев, м;

b – відстань між деревами в ряду, м.

Для культур із щільною схемою посадки в ряду та зволоження коренового шару ґрунту у вигляді суцільної смуги вздовж поливного трубопроводу визначення частки площі зволоження проводять за залежністю:

$$S = \frac{\ell}{a}, \text{ в частках одиниці}$$

де a – відстань між рядами рослин (поливними трубопроводами), м;

ℓ – ширина суцільної смуги зволоження вздовж поливного трубопроводу, м.

г) за спеціальними номограмами, побудованими для різних типів ґрунтів з врахуванням узагальнених залежностей $P_s = f(W)$.

На рис. 4-7 наведені номограми для визначення норми поливу при дощуванні за даними виміру тензіометричного тиску ґрунту кореневого шару одним тензіометром. На номограмах на вісі абсцис нанесені значення тензіометричного тиску, на вісі ординат – величини норми поливу. Серія кривих, проведених через 0,1 м відповідає нормі поливу для конкретної глибини кореневого шару від 0,4 до 1,0 м.

Визначення величини норми поливу при дощуванні за значеннями тензіометричного тиску на двох глибинах у кожній точці контролю виконується за номограмами, наведеними на рис. 8-11. На номограмах на вісі абсцис нанесено значення тензіометричного тиску, що вимірюється тензіометром на глибині 0,3 м, на вісі ординат – норма поливу. Серія кривих відповідає різним величинам норми поливу залежно від значення тензіометричного тиску, що вимірюється тензіометром на глибині 0,7 м. Номограми побудовані для розрахункового шару потужністю 1,0 м. Тому фактичну норму поливу визначають з врахуванням допустимої глибини зволоження залежно від виду та віку культури, фази її розвитку, ґрунтових умов.

д) визначення величини норми поливу при зволоженні кореневого шару ґрунту у вигляді суцільної смуги за краплинного зрошення інтенсивних садів, виноградників, розсадників, ягідних, овочевих, баштанних культур, арахісу за показниками тензіометрів з використанням номограм побудованих для різних типів ґрунтів з врахуванням значення величини найменшої вологомисткості, допустимої глибини зволоження та передполивної вологості ґрунту.

Номограма, що представлена на рис.12, використовується для визначення величини норми поливу за краплинного зрошення різних культур з розрахунковою глибиною зволоження ґрунту до 0,5 м.

За краплинного зрошення багаторічних насаджень, деяких сільськогосподарських польових культур з розрахунковою глибиною більше 0,5 м використовують номограму, що представлена на рис.13.

В першому випадку величина норми поливу визначається за даними виміру тензіометричного тиску на одній глибині, в другому випадку – на двох глибинах за середніми його значеннями.

На номограмах на горизонтальній вісі нанесені узагальнені значення найменшої вологомисткості ґрунтів, що придатні для вирощування різних сільськогосподарських культур. На вертикальній вісі нанесені різні значення передполивної вологості ґрунту – 70, 75, 80, 85 та 90% НВ.

Серія кривих відповідає значенням допустимої глибини зволоження кореневого шару ґрунту – від 0,2 м до 0,5 м (рис. 12) і від 0,5 м до 1,0 м (рис. 13).

Визначення величини норми поливу при зволоженні кореневого шару ґрунту у вигляді суцільної смуги проводять в такій послідовності.

З точки, що розміщена на горизонтальній вісі і відповідає значенню найменшої вологомісткості кореневого шару ґрунту проводять вертикальну лінію до перетину з кривою, яка відповідає розрахунковій глибині зволоження. З цієї точки перетину проводять горизонтальну лінію до перетину з вертикальною віссю заданого значення передполивного порогу вологості ґрунту. Значення в точці перетину буде величиною норми поливу, що виражена в м³ на 100 м смуги. Для визначення величини норми поливу з розрахунку на 1 га необхідно отримане значення перемножити на кількість 100-метрових смуг на 1 га.

За краплинного зрошення садів на високорослих підщепах з розрідженою схемою посадки та з локальним зволоженням вздовж ряду у вигляді ряду окремих контурів, визначення величини норми поливу проводять за номограмами, наведеними на рис. 14-17. Номограми побудовані для різних типів ґрунтів при глибині зволоження кореневого шару ґрунту 1 м. На цих номограмах на горизонтальній осі нанесено тензіометричний тиск (P_s^1), що вимірюється тензіометром всередині верхнього розрахункового шару в інтервалі глибин 0,25-0,35 м, на вертикальній – величина норми поливу. Серія кривих відповідає величинам норми поливу залежно від значень тензіометричного тиску (P_s^2), що вимірюється тензіометром у нижньому розрахунковому шарі, тобто інтервалі глибин 0,65-0,75 м.

Приклади визначення величини норми поливу

Визначення величини норми поливу з використанням номограм при дощуванні.

Задача: Визначити норму поливу кукурудзи на зерно із застосуванням дощування в міжфазний період цвітіння – воскова стиглість при вирощуванні її в умовах важкосуглинкових ґрунтів.

Контроль вологості кореневого шару ґрунту проводять в трьох точках за допомогою тензіометрів. В кожній з трьох точок контролю тензіометри встановлені в інтервалах глибин 0,15-0,25 м та 0,40-0,50 м (табл. 9).

ґрунти важкосуглинкові. Величина тензіометричного тиску для кукурудзи у міжфазний період "цвітіння – воскова стиглість" перед поливом становить -74 кПа (табл. 9). При черговому вимірі тензіометричного тиску в трьох точках контролю зафіксовані такі його значення: в інтервалі глибин 0,15-0,25 м – -74, -76, -75 кПа, а в інтервалі 0,45-0,55 м – -69, -72, -73 кПа.

Визначення величини норми поливу проводять у такій послідовності:

1. Знаходять середню величину тензіометричного тиску на глибинах контролю:

$$P_{s1,cp.} = -\frac{(-74)+(-76)+(-75)}{3} = -75 \text{ кПа}$$

$$P_{s2,cp.} = -\frac{(-69)+(-72)+(-73)}{3} = -70 \text{ кПа}$$

Величина середнього значення тензіометричного тиску ($P_s = -75$ кПа) в інтервалі глибин 0,15-0,25 м свідчить про необхідність проведення поливу.

2. На номограмі (рис. 10) на осі абсцис (P_s^1) знаходять точку, що відповідає величині тиску -75 кПа і проводять перпендикуляр з цієї точки до перетину з кривою, що відповідає величині тиску P_s^2 , рівною - 70 кПа. З точки перетину проводять пряму, паралельну осі абсцис, до перетину з віссю ординат, і знімають величину норми поливу. Величина норми поливу для кореневого шару ґрунту потужністю 1 м складає $m = 680 \text{ м}^3/\text{га}$.

3. З врахуванням допустимої глибини зволоження, значення якої для кукурудзи в фазу "цвітіння-воскова стиглість" в умовах важкосуглинкових ґрунтів складає 0,55 м, величина норми поливу становить $m = 680 \cdot 0,55 = 375 \text{ м}^3/\text{га}$.

Задача: Визначити величину норми поливу картоплі літнього садіння в міжфазний період "сходи-бутонізація" при вирощуванні її в умовах середньосуглинкових ґрунтів із застосуванням дощування шлангобарабанною машиною. Допустима глибина зволоження в цю фазу складає 0,40 м. Контроль вологості ґрунту проводять за допомогою тензіометрів, що встановлені в точках зрошуваного масиву в інтервалі глибин 0,20-0,30 м. Значення тензіометричного тиску, що відповідає передполивній вологості, складає -68 кПа (табл. 9).

Результати чергового виміру значень тензіометричного тиску в трьох точках -66; -70 та -69 кПа свідчать про необхідність поливу.

За середнім значенням з трьох величин тензіометричного тиску -68 кПа з використовуючи номограму, що представлена на рис. 6, визначаємо величину норми поливу. Для цього з точки, що знаходиться на горизонтальній вісі і відповідає перед поливним значенню потенціалу ґрунтової вологи, проводимо вертикальну лінію до перетину з кривою, що відповідає допустимій глибині зволоження – 0,40 м. З точки перетину проводимо горизонтальну лінію до перетину з вертикальною віссю. Точка перетину відповідає величині норми поливу – $230 \text{ м}^3/\text{га}$.

Визначення величини норми поливу з використанням номограм за краплинного зрошення овочевих культур.

Враховуючи той факт, що сьогодні для поливу овочевих, баштанних культур, інтенсивних садів, розсадників використовуються поливні трубопроводи з інтегрованими краплинними водовипусками низької інтенсивності водоподачі, використання яких пов'язано з великою тривалістю поливу, для зволоження кореневого шару ґрунту на необхідну глибину необхідно вносити поправку при визначенні величини норми поливу.

Величина цієї поправки дорівнює добутку середньодобової інтенсивності водоспоживання на тривалість поливу.

Задача: Визначити величину норми поливу помідора у фазу цвітіння із застосуванням краплинного зрошення. Ґрунти середньосуглинкові. Найменша вологомісткість (НВ) складає 31% об'єму. Схема висіву рослин 100 + 0,40 x 0,30-0,35 м. Розміщення поливних трубопроводів з витратою 250 л/100 м – всередині кожного меншого міжряддя шириною 0,40 м. Тобто відстань між поливними трубопроводами складає 1,4 м. Площа поля поливається за 1 добу. Тривалість міжполивного періоду в цю фазу – 3 дні.

Контроль за вологістю ґрунту проводиться за допомогою тензіометрів, які встановлені в інтервалі глибин 0,20-0,30 м.

У фазу цвітіння передполивна вологість має бути 80% НВ, що відповідає тензіометричному тиску на середньосуглинкових ґрунтах -38 кПа. Розрахункова глибина зволоження кореневого шару ґрунту в період цвітіння складає 0,35 м (табл. 6).

Для визначення величини норми поливу використовують номограму, що наведена на рис.12.

З точки на горизонтальній осі, яка відповідає найменшій вологомісткості (31% об'єму), проводять вертикальну лінію до перетину з кривою, значення якої відповідає розрахунковій глибині зволоження кореневого шару ґрунту в період цвітіння 0,35 м.

З точки перетину проводять горизонтальну лінію до перетину з вертикальною віссю, що відповідає значенню передполивної вологості кореневого шару ґрунту – 80% НВ. Значення величини норми поливу в точці перетину відповідає 1,52 м³ (1520 л) на 100 м ряду. При схемі висіву 100+0,40x0,30-0,35 м та кількості 100-метрових смуг (поливних трубопроводів) на 1 га $100 : 1,4 = 71,4$ шт., норма поливу буде складати: $m = 1,52 \cdot 71,4 = 108 \text{ м}^3/\text{га}$.

З врахуванням тривалості поливу ($T = \frac{1520}{250} = 6 \text{ год.}$) та інтенсивності сумарного водоспоживання (сум. інт. = $108 : 3 = 36 \text{ м}^3/\text{добу}$) поправка

становить: $36 : 4 = 9 \text{ м}^3$, тобто величина норми поливу повинна складати $108 + 9 = 117 \text{ м}^3/\text{га}$.

Аналогічний підхід до визначення величини норми поливу за краплинного зрошення багаторічних насаджень (виноградники, плодові культури, розсадники) з суцільним зволоженням кореневого шару ґрунту вздовж вісі ряду.

Різниця полягає лише в тому, що значення потенціалу ґрунтової вологи в кореновому шарі ґрунту визначають за середніми показниками двох тензіометрів, які встановлені в інтервалах глибин, що вказані в таблицях 3 та 4.

Використання тензіометричного методу управління водним режимом ґрунтів в умовах зрошення дає можливість значно підвищити точність та оперативність отримання вихідної інформації, необхідної для створення і підтримання оптимальної вологості кореневого шару ґрунту та сприяти ефективному використанню земель, що зрошуються з застосуванням будь-яких способів поливу.

28

СКОРОЧЕННЯ, ЯКІ ВЖИТІ В ТЕКСТІ

УААН	– Українська академія аграрних наук
ІГіМ	– Інститут гідротехніки і меліорації
КНДЦ ІГіМ	– Кримський науково-дослідний центр Інституту гідротехніки і меліорації
ІПОБ	– Інститут південного овочівництва і баштанництва
ІОБ	– Інститут овочівництва і баштанництва
ІЗГ	– Інститут зернового господарства
ННЦ “ІВіВ ім. Таїрова”	– Національний науковий центр “Інститут виноградарства і виноробства ім. Таїрова”
НІВіВ “Магарач”	– Національний інститут винограду і вина “Магарач”
ІС	– Інститут садівництва
ІЗС	– Інститут зрошуваного садівництва
ІЗПР	– Інститут землеробства південного регіону
НУБіП України	– Національний університет біоресурсів і природокористування України
УжНУ	– Ужгородський національний університет

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

до рисунків 4-17

P_s^1 – тензіометричний тиск, що заміряний тензіометром у верхньому розрахунковому горизонті, кПа;

P_s^2 – тензіометричний тиск, що заміряний тензіометром у нижньому розрахунковому горизонті, кПа;

m – норма поливу при дощуванні, м³/га;

m_H – норма поливу за краплинного зрошення у вигляді суцільної смуги зволоження, м³/100 м смуги;

V – норма поливу за краплинного зрошення садів на високорослих зерняткових підщепах з локальним характером зволоження ґрунту під кожним деревом, л/роsl.;

z – гранично допустима глибина зволоження, м;

НВ – найменша вологомiсткiсть, %.

Таблиця 2. Форма журналу для запису показань тензіометрів

Дата виміру	Показання тензіометрів, кПа									P_s , кПа	Перед-поливне значення P_s , кПа (для кожної культури)	Опади, мм	Рекомендована дата поливу	Рекомендована норма поливу, м ³ /га	Фактична дата поливу	Фактична норма поливу, м ³ /га	Примітка
	повторність																
	1			2			3										
	P_B	P_n	P_s	P_B	P_n	P_s	P_B	P_n	P_s								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Примітка: У таблиці 2 прийняті такі позначення: P_B – показання тензіометра, кПа;
 P_n – поправка до показань тензіометра, кПа;
 $P_s - P_B - P_n$ – тензіометричний тиск, кПа.

Таблиця 3. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні періоди вегетації рослин за краплинного зрошення садів (за даними ІГіМ, ІЗС, ІС)

Порода	Період вегетації	Передполивна вологість, ($W_{ппв}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
Сади на слаборослих підщепах					
Яблуня слаборосла на вегетативній підщепі	Початок	80	38	0,45	0,25-0,35
	Середина	85	30	0,50	
	Кінець	80	38	0,50	
Груша на вегетативній підщепі	Початок	70	68	0,40	0,20-0,30
	Середина	80	38	0,45	
	Кінець	75	51	0,45	
Сади на середньо- та сильнорослих підщепах					
Яблуня та груша на насінневих підщепах	Початок	70	68	0,80	0,25-0,35
	Середина	80	38	0,85	
	Кінець	70	68	0,85	
Яблуня на сильно-рослій вегетативній підщепі	Початок	75	51	0,65	0,25-0,35
	Середина	85	30	0,70	
	Кінець	75	51	0,75	
Груша сильно- та середньоросла на вегетативній підщепі	Початок	70	68	0,70	0,25-0,35
	Середина	80	38	0,75	
	Кінець	75	51	0,80	
Айва	Початок	70	68	0,65	0,25-0,35
	Середина	80	38	0,70	
	Кінець	70	68	0,75	
Вишня	Початок	65	80	0,65	0,25-0,35
	Середина	75	51	0,70	
	Кінець	70	68	0,75	
Черешня	Початок	65	80	0,75	0,25-0,35
	Середина	70	68	0,80	
	Кінець	65	74	0,85	
Слива, алича	Початок	75	51	0,65	0,25-0,35
	Середина	80	38	0,70	
	Кінець	75	51	0,75	
Абрикос	Початок	65	80	0,75	0,25-0,35
	Середина	70	68	0,80	
	Кінець	70	68	0,85	
Персик	Початок	80	38	0,75	0,25-0,35
	Середина	80	38	0,80	
	Кінець	70	68	0,85	

Таблиця 4. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні періоди вегетації рослин за краплинного зрошення виноградників (за даними ННЦ "ІВіВ ім. Таїрова", ІГіМ, НІВіВ "Магарач", УжНУ)

Культура	Період вегетації	Передполивна вологість, ($W_{\text{ппв}}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
Технічні сорти винограду	Початок вегетації – початок досягання ягід	70-75*	68÷51	0,70	0,25-0,35 0,50-0,60
	Досягання ягід	70-75	68÷51	0,90	0,25-0,35 0,55-0,65
	Визрівання пагонів – листопад	65-70	80÷68	0,90	0,25-0,35 0,55-0,65
Столові сорти винограду	Початок вегетації – початок досягання ягід	75-80	51÷38	0,70	0,25-0,35 0,50-0,60
	Досягання ягід	75-80	51÷38	0,90	0,25-0,35 0,55-0,65
	Визрівання пагонів – листопад	70-75	68÷51	0,90	0,25-0,35 0,55-0,65

* Менші значення передполивної вологості характерні для чорноземів південних, легкосуглинкових, середньосуглинкових та супіщаних, більші – для чорноземів південних важкосуглинкових, гірських сильноскелетних, пілуватих та піщаних на глинистих пісках.

Таблиця 5. Значення допустимої глибини зволоження, перед поливної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні фази розвитку рослин за краплинного зрошення ягідних культур (за даними ІГіМ, ІЗС, ІС)

Культура	Період вегетації	Передполивна вологість, ($W_{\text{ппв}}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
Суниця	Початок	70	68	0,20-0,25	0,10-20
	Середина	75-80	51÷38		
	Кінець	70	68		
Малина	Початок	80	51	0,25-0,30	0,15-25
	Середина	70	51÷38		
	Кінець	70	68		
Смородина, порічки	Початок	70-75	68÷54	0,30-0,35	0,20-0,30
	Середина	80-85	38÷30		
	Кінець	70-75	68÷51		
Аґрус	Початок	70-75	68÷51	0,35-0,40	0,25-0,35
	Середина	75-80	51÷38		
	Кінець	70-75	68÷51		
Ожина	Початок	75	51	0,25-0,30	0,15-0,25
	Середина	75-80	51÷38		
	Кінець	70	68		
Йошта	Початок	75	51	0,35-0,40	0,25-0,35
	Середина	75-80	51÷38		
	Кінець	70	68		
Аронія	Початок	75	51	0,35-0,40	0,25-0,35
	Середина	80-85	38÷30		
	Кінець	70-75	68÷51		
Лохина	Початок	75	51	0,30-0,35	0,20-0,30
	Середина	80-85	38÷30		
	Кінець	80	38		

Таблиця 6. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні фази розвитку рослин за краплинного зрошення овочевих культур (за даними ІГІМ, ІОБ, ІПОБ, ІЗПР, НУБІП)

Культура	Період вегетації	Передполивна вологість, ($W_{\text{ппв}}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
1	2	3	4	5	6
Помідор	сходи – цвітіння першої китиці висаджування розсади – цвітіння першої китиці	70-75	68÷51	0,20-0,25	0,10-0,20
	цвітіння першої китиці – масове зав'язування плодів	80-85	38÷30	0,30-0,35	0,20-0,30
	налив плодів – досягання плодів	70	0,068	0,30-0,35	0,25-0,35
Огірок	посів – початок цвітіння	75-80	51÷38	0,15-0,20	0,05-0,15
	початок цвітіння – зав'язування плодів	75-80	51÷38	0,25-0,30	0,15-0,25
	масове плодоношення	85-90	30÷25	0,30-0,35	0,15-0,25
Капуста білоголова	висаджування розсади – зав'язування головок	80	38	0,25-0,30	0,15-0,25
	зав'язування головок – формування головок	90	25	0,35-0,40	0,20-0,30
Перець солодкий	висаджування розсади – початок плодоутворення	90	25	0,25-0,30	0,15-0,25
	початок плодоутворення – до кінця вегетації	80	38	0,35-0,40	0,20-0,30

Цибуля ріпчаста	сходи – початок утворення цибулин	85	30	0,15-0,20	0,05-0,15
	формування цибулин	80	38	0,20-0,25	0,10-0,20
	достигання цибулин	70	68	0,25-0,30	0,15-0,25
Морква	сходи – початок утворення коренеплодів	80	38	0,35-0,40	0,20-0,30
	початок утворення коренеплодів – технічна стиглість	70	68	0,45-0,50	0,30-0,40
Буряк столовий	сходи – початок утворення коренеплодів	80	38	0,35-0,40	0,20-0,30
	початок утворення коренеплодів – технічна стиглість	70	68	0,45-0,50	0,30-0,40
Кабачок	сходи – початок цвітіння	75-80	51÷38	0,15-0,20	0,05-0,15
	початок цвітіння – зав'язування плодів	75-80	51÷38	0,25-0,30	0,65-0,80
	масове плодоношення	75-80	51÷38	0,30-0,35	0,15-0,25
Баклажан	висаджування розсади – зав'язування плодів	75	51	0,25-0,30	0,15-0,25
	початок плодоутворення – до кінця вегетації	80	38	0,35-0,40	0,20-0,30
Часник	висаджування зубків – укріплення (зимовий часник) висаджування зубків – масові сходи (ярий часник)	80	38	0,15-0,20	0,05-0,15
	масові сходи – початок стрілкування	70	68	0,20-0,25	0,20-0,30
	початок стрілкування – до збирання врожаю	70	68	0,25-0,30	0,25-0,35

Таблиця 7. Значення передполивної вологості кореневого шару ґрунту у різні періоди вегетації за краплинного зрошення розсадників (за даними ІГіМ, ІЗС, ІС)

№ п/п	Культура	Період вегетації	Передполив-на вологість ґрунту, ($W_{плв}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа
1	2	3	4	5
Маточник вегетативних підщеп				
1	Зерняткові	Протягом періоду вегетації	70-75	68-51
2	Кісточкові		70-75	68-51
3	Виноград		75-80	51-38
Маточно-живцеві насадження				
1	Зерняткові	Початок	80	38
		Середина	75	51
		Кінець	75	51
2	Кісточкові	Початок	80	38
		Середина	75	51
		Кінець	70	68
3	Горіхоплідні	Початок	70	68
		Середина	75	51
		Кінець	70	68
4	Кущові ягідники	Початок	70-75	68-51
		Середина	80-85	38-30
		Кінець	70-75	68-51
5	Суниця	Початок	70	68
		Середина	80	38
		Кінець	60-70	74-68
6	Виноград	Початок	80-85	38-30
		Середина	70-75	68-51
		Кінець	70	68
7	Хміль	Початок	75	51
		Середина	80	38
		Кінець	70	68
8	Малопоширені ягідні культури	Початок	75	51
		Середина	85	30
		Кінець	80	38
9	Малопоширені деревні культури	Початок	75	51
		Середина	80-85	38-30

Шкілка сіянців				
1	Кісточкові, малопоширені деревні культури	Протягом вегетації	75	51
2	Зерняткові, кущові ягідні		80	38
3	Горіхоплідні		80-85	38-30
Поля розсадника				
1	Зерняткові	Початок	80-85	38-30
		Середина	80	38
		Кінець	80	38
2	Кісточкові	Початок	80	38
		Середина	75-80	51-38
		Кінець	70-75	68-51
3	Горіхоплідні	Початок	75	51
		Середина	70	68
		Кінець	70	68
4	Кущові ягідні	Початок	75-80	51-38
		Середина	75-80	51-38
		Кінець	70-75	68-51
5	Виноград, малопоширені деревні культури	Початок	75-80	51-38
		Середина	70-75	68-51
		Кінець	70-75	68-51

Таблиця 8. Значення допустимої глибини зволоження кореневого шару ґрунту та інтервали глибин контролю його вологості ґрунту за краплинного зрошення розсадників (за даними ІГіМ, ІЗС, ІС)

№ п/п	Культури	Вік насаджень, рік	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервали глибини контролювання тензіометричного тиску, м
Маточники вегетативних підщеп				
1	Зерняткові	1-3	0,25-0,40	0,20-0,30
		>3	0,40-0,80	0,25-0,35; 0,50-0,60
2	Кісточкові	1-3	0,25-0,40	0,20-0,30
		>3	0,35-0,70	0,25-0,35; 0,50-0,60
3	Виноград	1-2	0,30-0,50	0,25-0,35
		>2	0,50-0,80	0,25-0,35; 0,55-0,65
Маточно-живцеві насадження				
1	Зерняткові	1-3	0,35-0,50	0,30-0,40
		>3	0,50-0,80	0,25-0,35, 0,50-0,60
2	Кісточкові	1-3	0,25-0,40	0,20-0,30
		>3	0,40-0,70	25-35, 50-60
3	Горіхоплідні	1-3	0,30-0,50	0,25-0,35
		>3	0,50-0,100	0,25-0,35; 0,65-0,75
4	Кущові ягідники	1-2	0,15-0,25	0,10-0,20
		>2	0,30-0,35	0,20-0,30
5	Суниця	1	0,10-0,15	0,5-0,15
		≥2	0,20-0,25	0,10-0,20
6	Виноград	1-2	0,30-0,40	0,25-0,35
		>2	0,40-0,70	0,25-0,35; 0,50-0,60
7	Хміль	1	0,25-0,40	0,25-0,35
		≥2	0,35-0,70	0,25-0,35; 0,50-0,60
8	Малопоширені ягідні культури	1-2	0,25-0,30	0,15-0,25
		>2	0,35-0,40	0,20-0,30
9	Малопоширені деревні культури	1-3	0,35-0,40	0,20-0,30
		>3	0,50-0,60	0,15-0,25; 0,40-0,50

Поля розсадника				
1	Шкілка:			
	– зерняткові	-	0,25-0,30	0,15-0,25
	– кісточкові	-	0,20-0,30	0,15-0,25
	– виноград	-	0,25-0,35	0,20-0,30
	– кущові ягідні	-	0,15-0,25	0,10-0,20
	– малопоширені дереві культури	-	0,25-0,35	0,20-0,30
2	1 поле розсадника			
	– зерняткові	1	0,35-0,45	0,20-0,30
	– кісточкові	1	0,25-0,40	0,20-0,30
	– малопоширені деревні культури	1	0,25-0,40	0,20-0,30
3	2 поле розсадника			
	– зерняткові	2	0,40-0,50	0,25-0,35
	– кісточкові	2	0,30-0,40	0,25-0,35
	– малопоширені деревні культури	2	0,30-0,40	0,25-0,35

Таблиця 9. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання за фазами розвитку при зрошенні основних сільськогосподарських культур (за даними ІГІМ, ІЗПР, ІЗГ)

Культура	Міжфазний період	Передполивна вологість, (W _{ппв}), % НВ об'ємної			Тензіометричний тиск (P _s), кПа			Глибина зволоження (z), м			Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
		важко-суглинкові	серед-ньосуглинкові	легко-суглинкові	важко-суглинкові	серед-ньосуглинкові	легко-суглинкові	важко-суглинкові	серед-ньосуглинкові	легко-суглинкові	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зернові:											
Озима пшениця	1. Посів – сходи	75	70	70	57	68	63	0,35	0,25	0,25	0,15-0,25
Озимий ячмінь	2. 3-й лист – кущіння	70	65	60	74	80	76	0,40	0,30	0,30	0,20-0,30
	3.Відновлення вегетації – трубкування	75	70	70	57	68	63	0,60	0,55	0,50	0,15-0,25 0,40-0,50
	4.Трубкування – цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
	5. Цвітіння – молочна стиглість	75	70	70	57	68	63	0,35	0,25	0,25	0,15-0,25
Яровий ячмінь, овес	1. Посів–3-й лист	75	70	70	57	68	63	0,35	0,25	0,25	0,15-0,25
	2. Трубкування – цвітіння	80	75	70	43	051	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
	3. Цвітіння – молочна стиглість	75	70	65	57	68	70	0,35	0,30	0,25	0,15-0,25

Основні кормові:											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Люцерна зелена маса (весняний посів)	1. Посів – змикання травостою	75	70	70	57	68	63	0,45	0,40	0,40	0,20-0,30
	2. Бутонізація	80	75	70	43	51	63	0,75	0,55	0,40	0,15-0,25 0,40-0,50
	3. Кінець зрошення	70	65	60	74	80	76	0,50	0,40	0,30	0,20-0,30
Люцерна- зелена маса (під покровом)	1. Вихід з під покрову	80	75	70	43	51	63	0,60	0,45	0,40	0,15-0,25 0,35-0,45
	2. Змикання травостою	80	75	70	43	51	63	0,75	0,55	0,40	0,15-0,25 0,40-0,50
	3. Бутонізація	80	75	70	43	51	63	0,75	0,55	0,40	0,15-0,25 0,40-0,50
	4. Кінець зрошення	70	65	60	74	80	76	0,50	0,40	0,30	0,20-0,30
Люцерна зелена ма- са (роки ко- ристуванн я)	1. Відновлення вегетації відростання	75	70	70	57	68	63	0,50	0,40	0,40	0,20-0,30
	2. Відростання після укошу	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,60	0,15-0,25 0,35-0,45
Кукурудза на силос	1. Посів – 4-й лист	80	75	70	43	51	63	0,60	0,45	0,40	0,15-0,25 0,35-0,45
	2. 8-й лист – початок молочної стиглості	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
Сорго зелена маса	1. Посів – кущіння	75	70	65	57	68	70	0,45	0,40	0,35	0,20-0,30
	2. Трубкування – відростання	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55

Технічні:											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Соняшник на насіння	1. Посів – 2 пара листків	75	70	70	57	68	63	0,50	0,40	0,40	0,20-0,30
	2. Утворення суцвіття – цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,60	0,15-0,25 0,45-0,55
	3. Дозрівання на насіння	75	70	65	57	68	70	0,60	0,50	0,45	0,15-0,25 0,35-0,45
Соя	1. Посів – утворення пагонів	75	70	70	57	68	63	0,45	0,40	0,40	0,20-0,30
	2. Початок цвітіння – утворення бобів	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
	3. Дозрівання насіння	70	65	60	74	80	76	0,50	0,40	0,40	0,20-0,30
Озимий рапс на зерно	1. Посів – сходи	80	75	70	43	51	63	0,45	0,30	0,25	0,15-0,25
	2. Сходи – змикання листя	75	70	65	57	68	70	0,60	0,40	0,35	0,10-0,20 0,30-0,40
	3. Відновлення вегетації – ріст стебла	75	70	65	57	68	70	0,60	0,45	0,35	0,10-0,20 0,30-0,40
	4. Початок бутонізації – формування насіння	80	75	70	43	51	63	0,75	0,55	0,40	0,10-0,20 0,30-0,40
Гречка на зерно	1. Посів-цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,45	0,40	0,40	0,20-0,30
	2. Цвітіння – дозрівання насіння	75	70	60	57	68	76	0,50	0,40	0,30	0,20-0,30
Кукурудза на зерно	1. Посів – викидання волоті	70	65	60	74	80	76	0,30	0,25	0,20	0,15-0,25
	2. Викидання волоті – цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,75	0,65	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
	3. Цвітіння – воскова стиглість	70	65	60	74	80	76	0,55	0,45	0,40	0,15-0,25 0,40-0,50

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сорго на зерно	1. Посів – кущіння	75	70	65	57	68	70	0,45	0,40	0,35	0,20-0,30
	2. Трубкування – налив зерновки	80	75	65	43	51	70	0,75	0,60	0,45	0,15-0,25 0,40-0,50
	3. Налив зерновки – воскова стиглість	70	70	65	74	68	70	0,50	0,50	0,45	0,20-0,30
Просо на зерно	1. Посів – сходи	80	75	70	43	51	63	0,45	0,30	0,25	0,20-0,30
	2. Сходи-кущіння	70	70	65	74	68	70	0,40	0,40	0,35	0,20-0,30
	3. Трубкування – цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,55	0,15-0,25 0,45-0,55
	4. Цвітіння – дозрівання зерна	70	60	60	74	84	76	0,50	0,35	0,40	0,20-0,30
Кормові буряки	1. Посів – 4-й лист	70	70	65	74	68	70	0,45	0,40	0,35	0,20-0,30
	2. Змикання листя – закриття міжряддя	80	75	70	43	51	63	0,75	0,60	0,60	0,15-0,25 0,45-0,55
Картопля:											
весняного садіння	1. Садіння – сходи	75	70	65	57	68	70	0,35	0,25	0,25	0,10-0,20
	2. Бутонізація – цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,60	0,45	0,40	0,10-0,20 0,30-0,40
літнього садіння	1. Садіння	75	70	65	57	68	70	0,35	0,25	0,20	0,10-0,20
	2. Сходи – бутонізація	75	70	65	57	68	70	0,50	0,40	0,35	0,20-0,30
	3. Бульбоутворення – кінець цвітіння	80	75	70	43	51	63	0,60	0,45	0,40	0,10-0,20 0,30-0,40

Таблиця 10. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні періоди вегетації за краплинного зрошення citrusових культур (лимонів) при вирощуванні їх в ґрунтово-плівкових теплицях АР Крим та півдня України (за даними КНДЦ ІГІМ)

Культура	Період вегетації	Передполивна вологість, ($W_{ппв}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
1	2	3	4	5	6
Лимон Мейєра	зимовий – період спокою (грудень-лютий)	70	68	0,6-0,7	0,25-0,35 0,50-0,60
	весняний – період активного цвітіння (березень-травень)	70-80	68-38	0,6-0,7	0,25-35 0,50-0,60
	літній – період формування плодів (червень-серпень)	85	30	0,6-0,7	0,25-0,35 0,50-0,60
	осінній – період досягання (вересень-листопад)	70-75	68-51	0,6-0,7	0,25-0,35 0,50-0,60

Таблиця 11. Значення допустимої глибини зволоження передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні фази розвитку рослин за краплинного зрошення баштанних культур (за даними ІПОБ, ІГІМ, ІОБ)

Культура	Фаза розвитку	Передполивна вологість, ($W_{\text{ППВ}}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
1	2	3	4	5	6
Кавун	сівба – сходи	80-85	38-30	0,10-0,15	0,05-0,15
	шатрик	70-75	68-51	0,20	
	утворення плодів	80	38	0,40	0,20-0,30
	достигання	70	68		
Диня	сівба – сходи	80	38	0,10-0,15	0,05-0,15
	шатрик	75	51	0,20	
	утворення плодів	80	38	0,40	0,20-0,30
	достигання	70	68		
Гарбуз	сівба – сходи	85	30	0,10-0,15	0,05-0,15
	шатрик	80	38	0,20	
	утворення плодів	85	30	0,40	0,20-0,30
	достигання	75	51		

Таблиця 12. Значення допустимої глибини зволоження, передполивної вологості кореневого шару ґрунту та інтервали глибини її контролювання в різні фази розвитку рослин за краплинного зрошення олійно-білкових культур (арахісу) (за даними ІПОБ та ІГіМ)

Культура	Фаза розвитку	Передполивна вологість, ($W_{ппв}$), % НВ об'ємної	Тензіометричний тиск (P_s), кПа	Допустима глибина зволоження (z), м	Інтервал глибини контролювання тензіометричного тиску, м
1	2	3	4	5	6
Арахіс	сівба – сходи сходи – цвітіння	65	80	0,10-0,15	0,05-0,15
	цвітіння – утворення бобів утворення бобів – формування зерна	75	51	0,40	0,20-0,30
	формування зерна – досягання досягання – закінчення вегетації	65	80	0,40	0,20-0,30

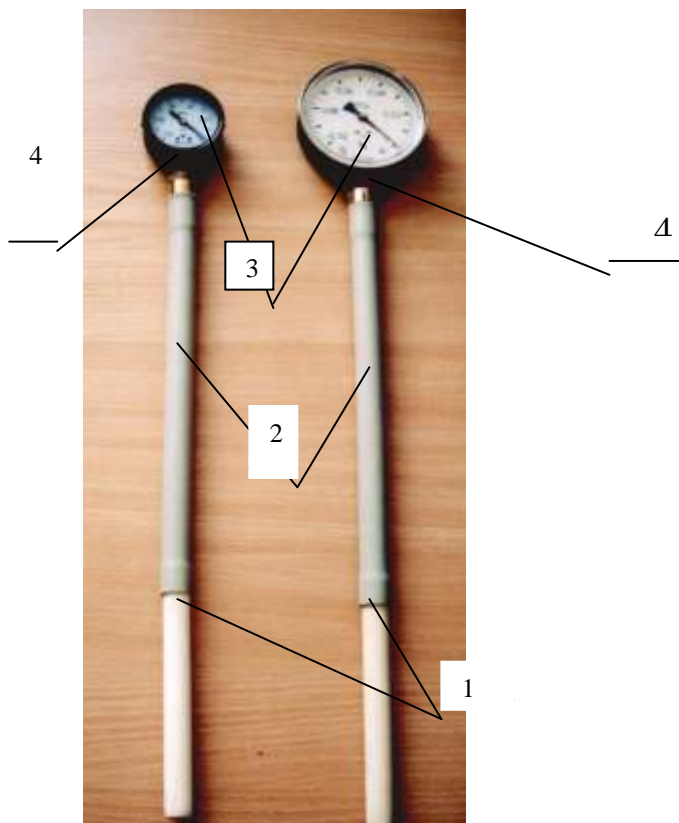


Рис.1 Тензіометр

1. Керамічний зонд
2. Водна камера
3. Вакууметри класу 1,5 та 2,5
4. Штуцер

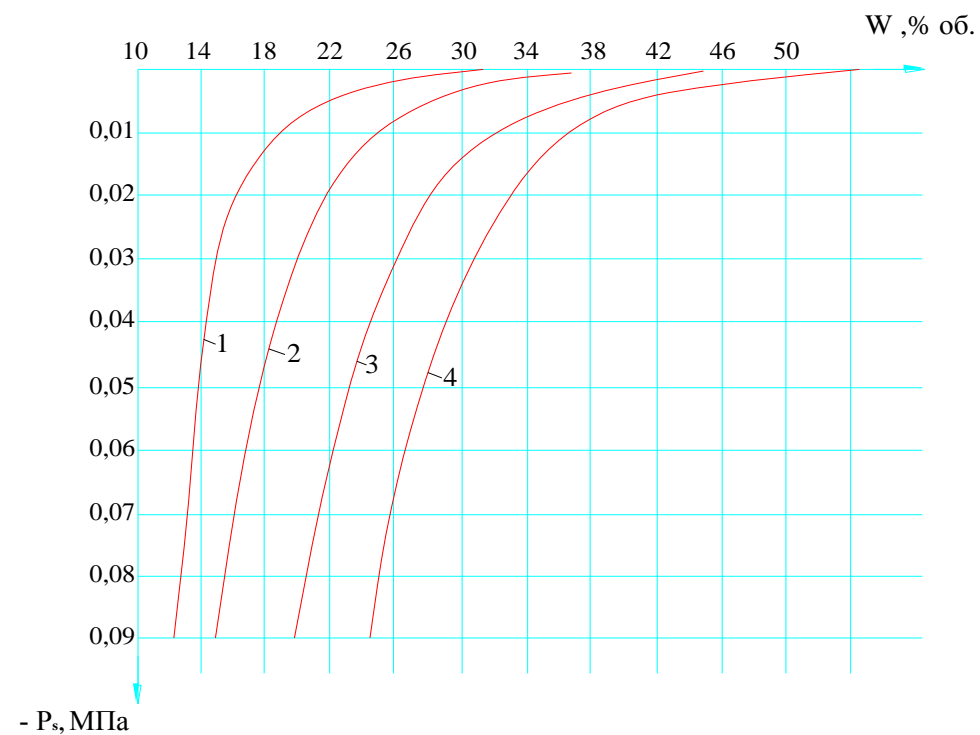


Рис. 2 Узагальнені залежності $P_s = f(w)$ для різних типів ґрунтів
 1 - супіщані, 2 - легкосуглинкові,
 3 - середньосуглинкові, 4 - важкосуглинкові

Номограми для визначення величини норми поливу з використанням одного тензіометра в кожній точці контролю при дощуванні с/г культур.

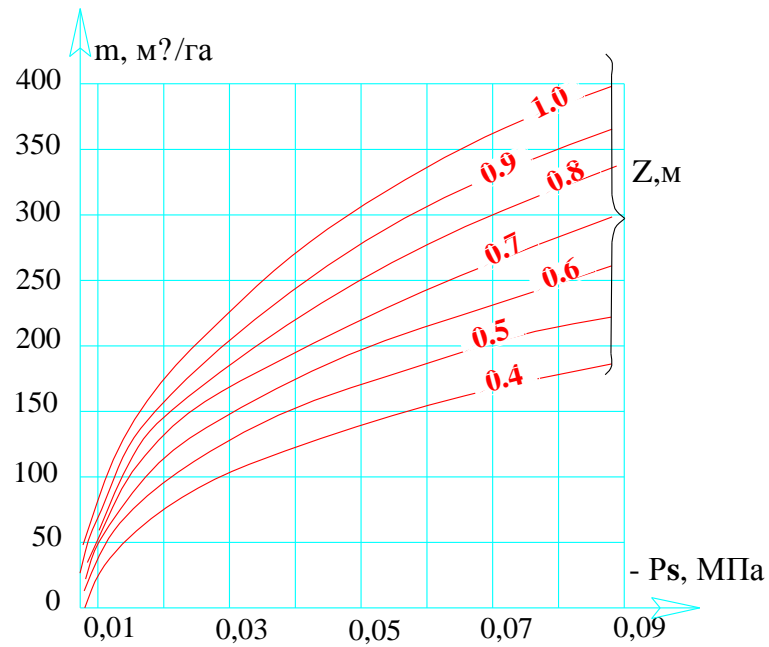


Рис.3 Супіщані ґрунти

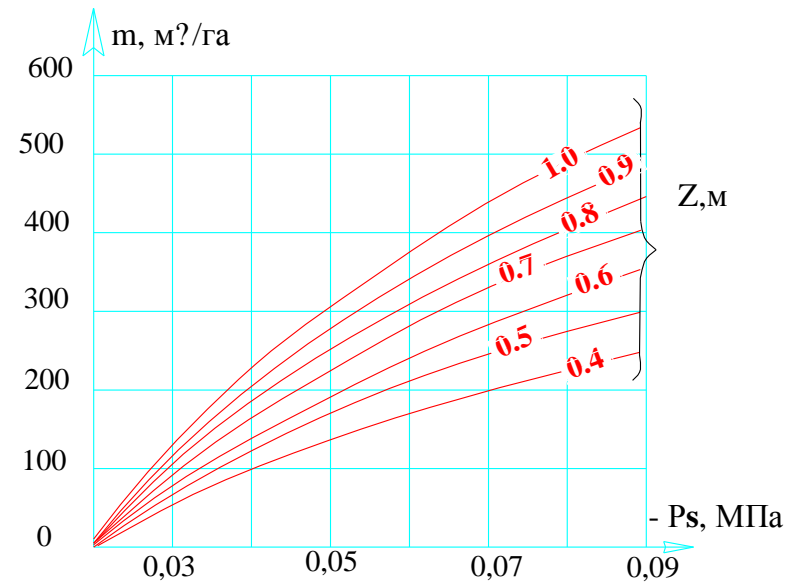


Рис.4 Легкосуглинкові ґрунти

Номограми для визначення величини норми поливу з використанням одного тензіометра в кожній точці контролю при дощуванні с/г культур

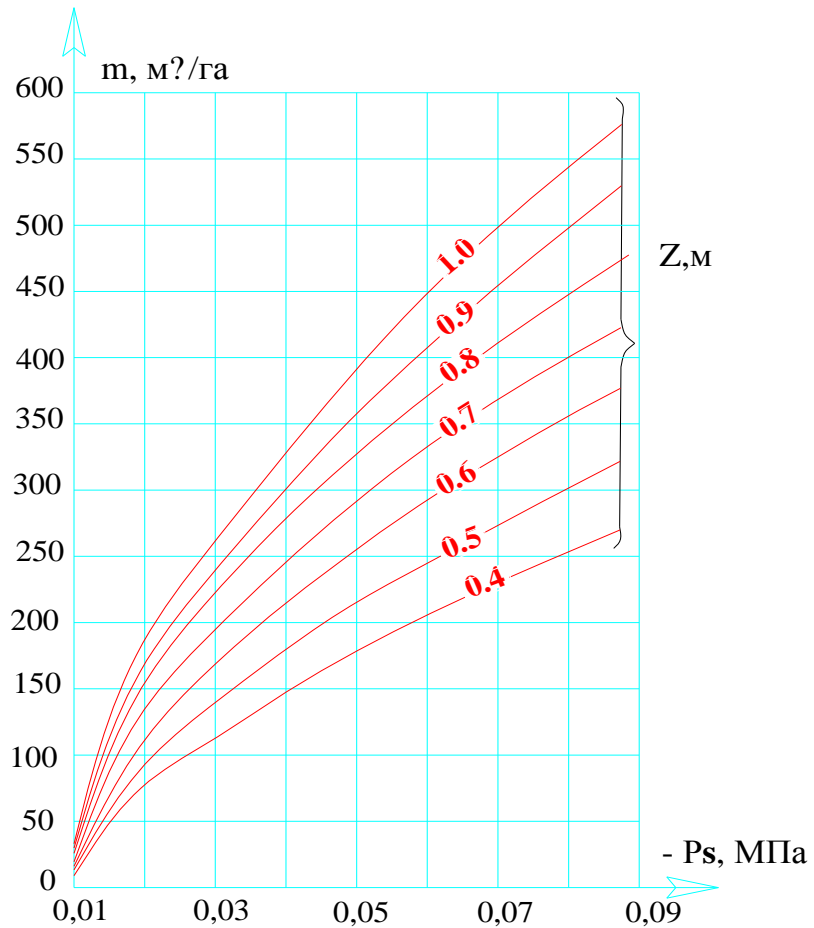


Рис.5 Середньосуглинкові ґрунти

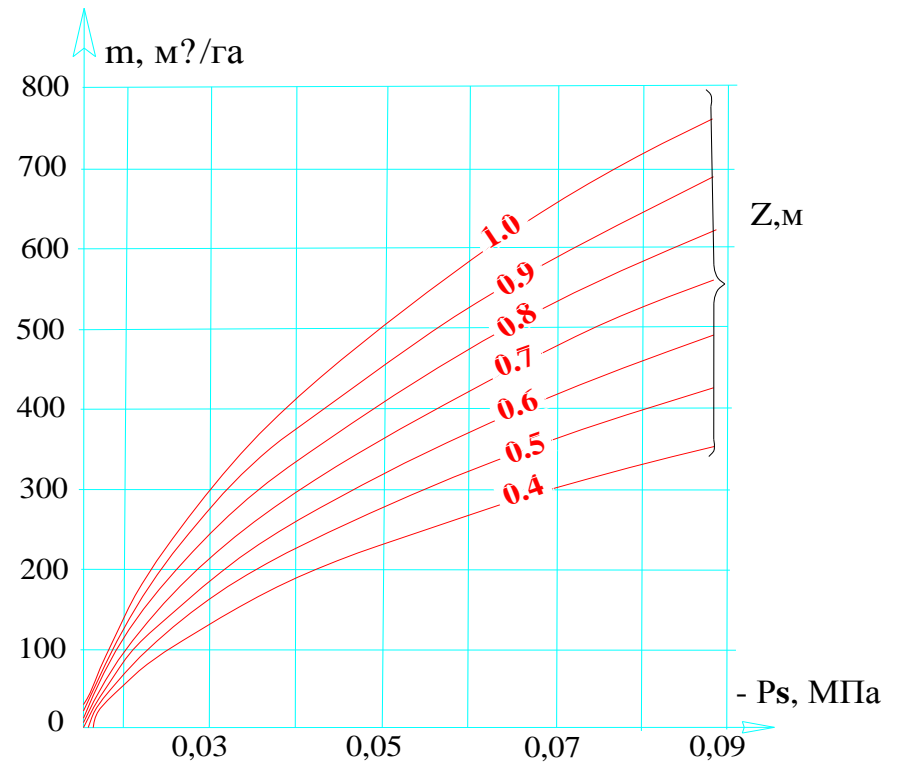


Рис.6 Важкосуглинкові ґрунти

Номограми для визначення величини норми поливу з використанням двох тензіометрів в кожній точці контролю при дощуванні с/г культур

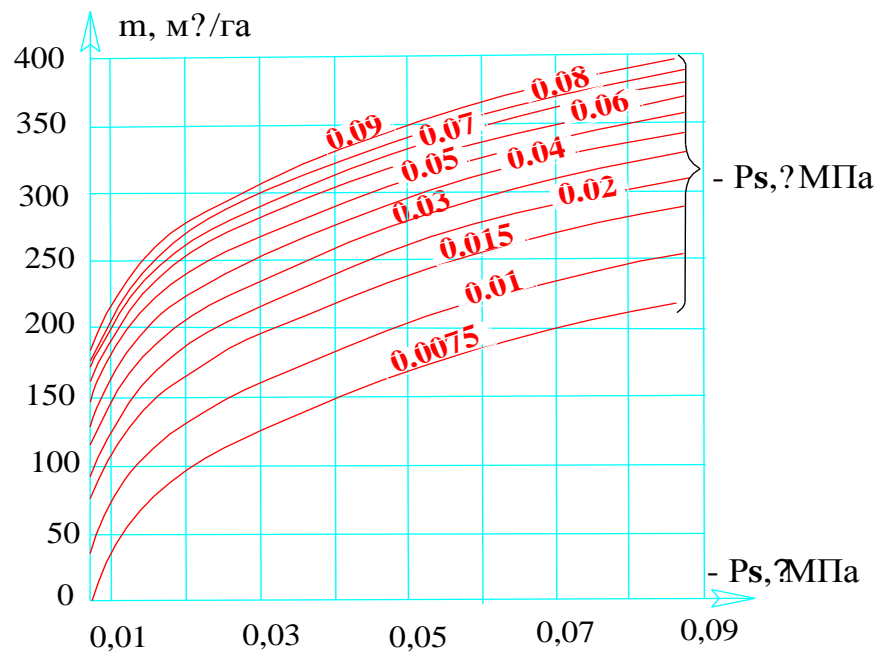


Рис.7 Супіщані ґрунти

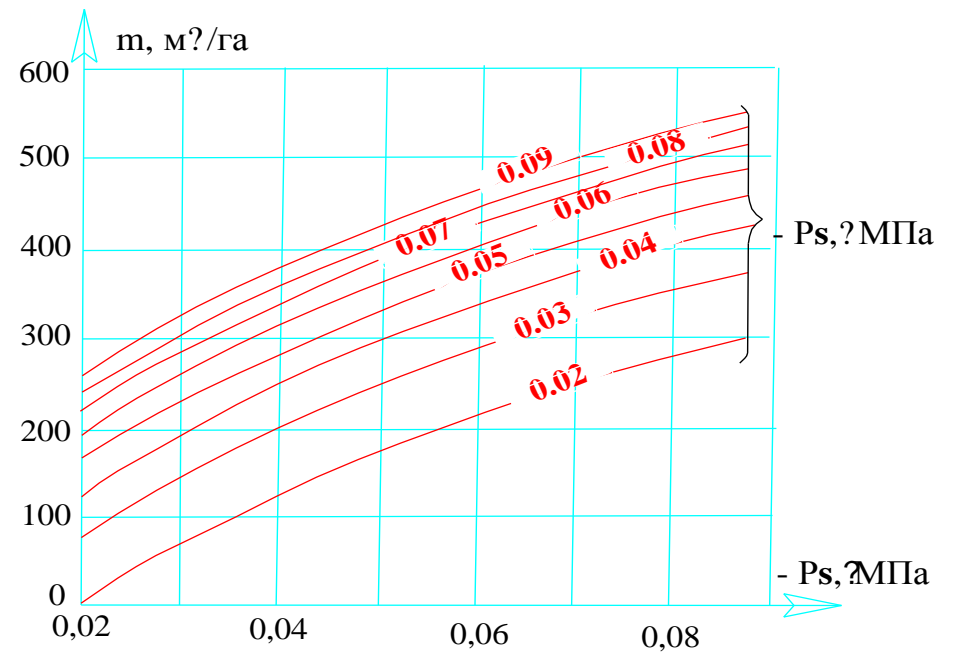


Рис.8 Легкосуглинкові ґрунти

Номограми для визначення величини норми поливу з використанням двох тензіометрів в кожній точці контролю при дощуванні с/г культур

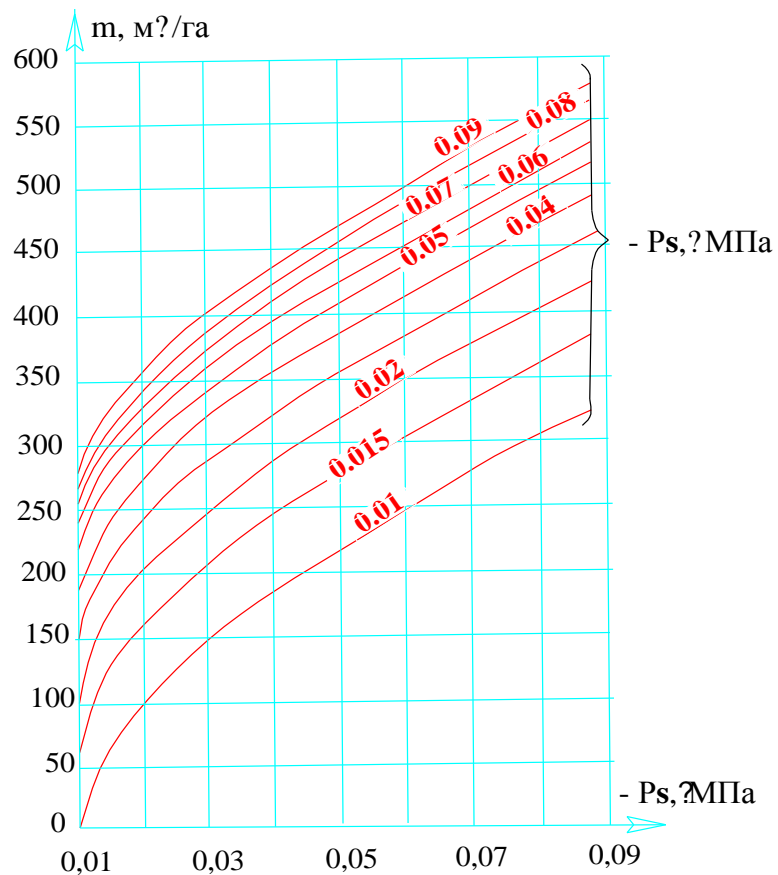


Рис.9 Середньосуглинкові ґрунти

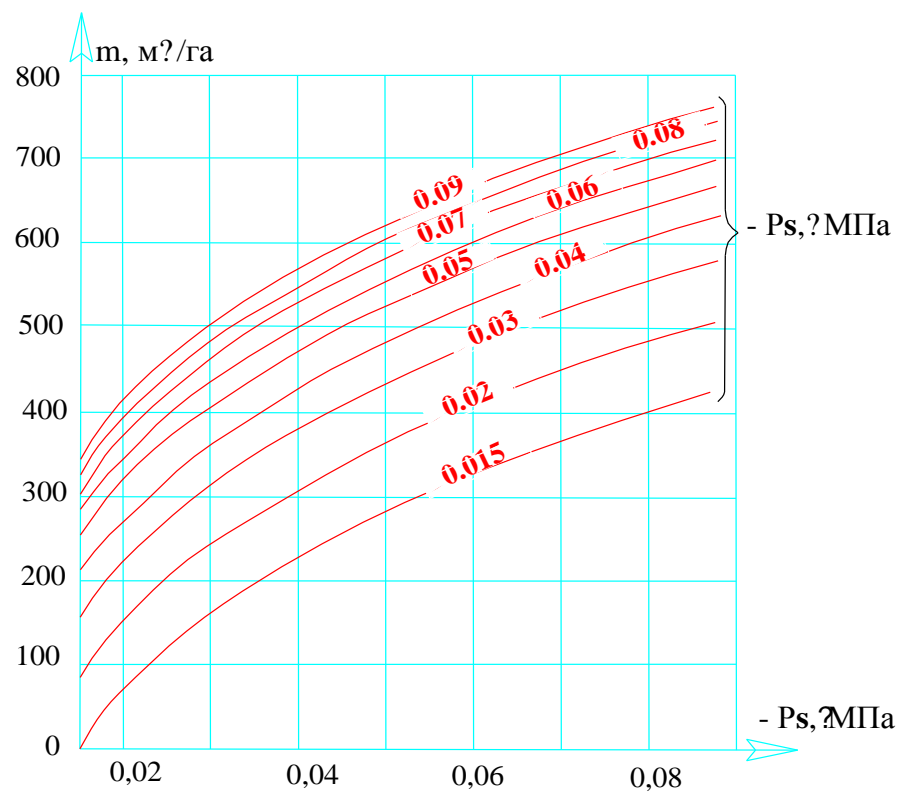


Рис.10 Важкосуглинкові ґрунти

Номограми для визначення величини норми поливу
за краплинного зрошення с.-г. культур та зволоженні ґрунту в вигляді суцільної смуги залежно
від глибини зволоження, найменшої вологості та передполивної вологості ґрунту.

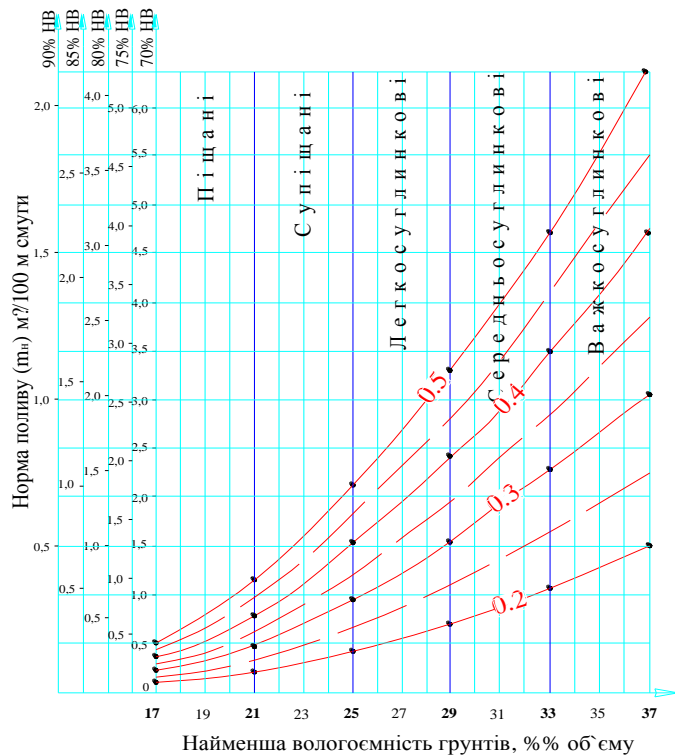


Рис. 11. Глибина зволоження до 0,5 м

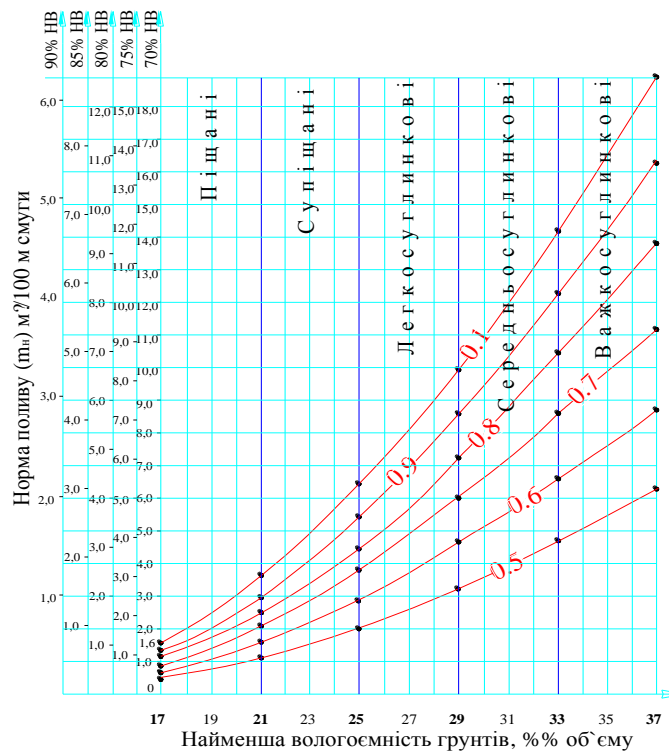
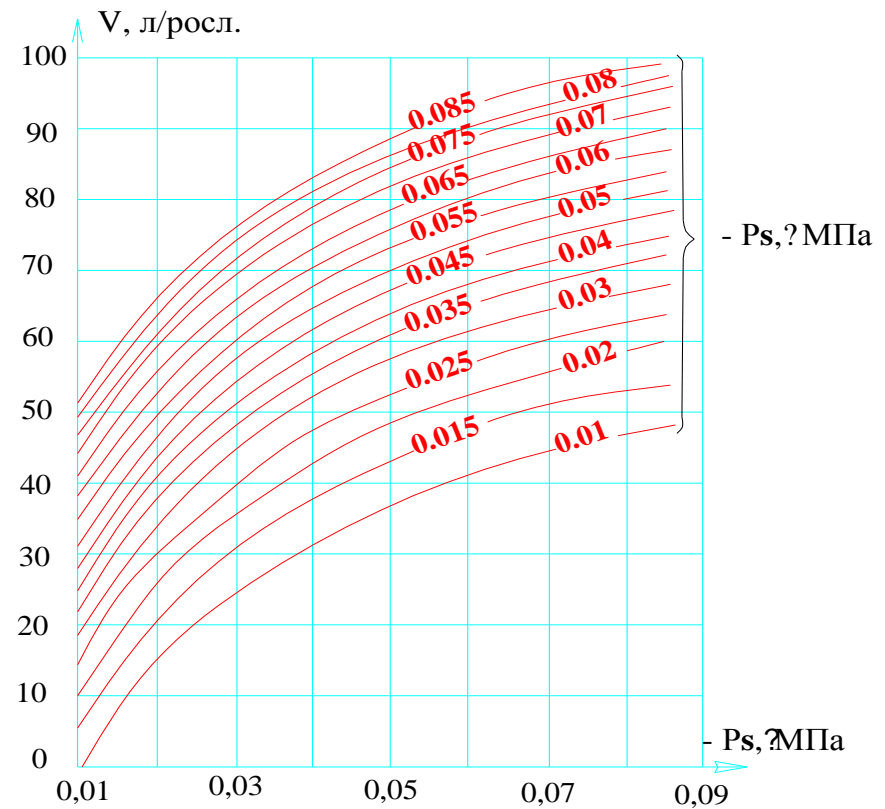
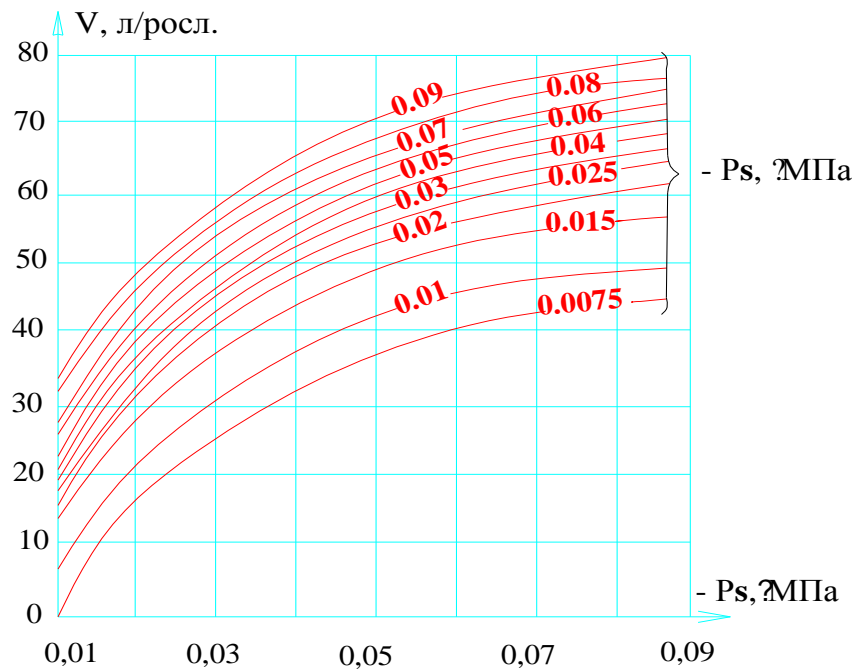


Рис. 12. Глибина зволоження 0,5 - 1,0 м

Номограми для визначення норми поливу за краплинного зрошення садів на високорослих зерняткових підщепах з використанням двох тензіометрів в кожній точці контролю



Номограми для визначення норми поливу за краплинного зрошення садів на високорослих зерняткових підщепах з використанням двох тензіометрів в кожній точці контролю

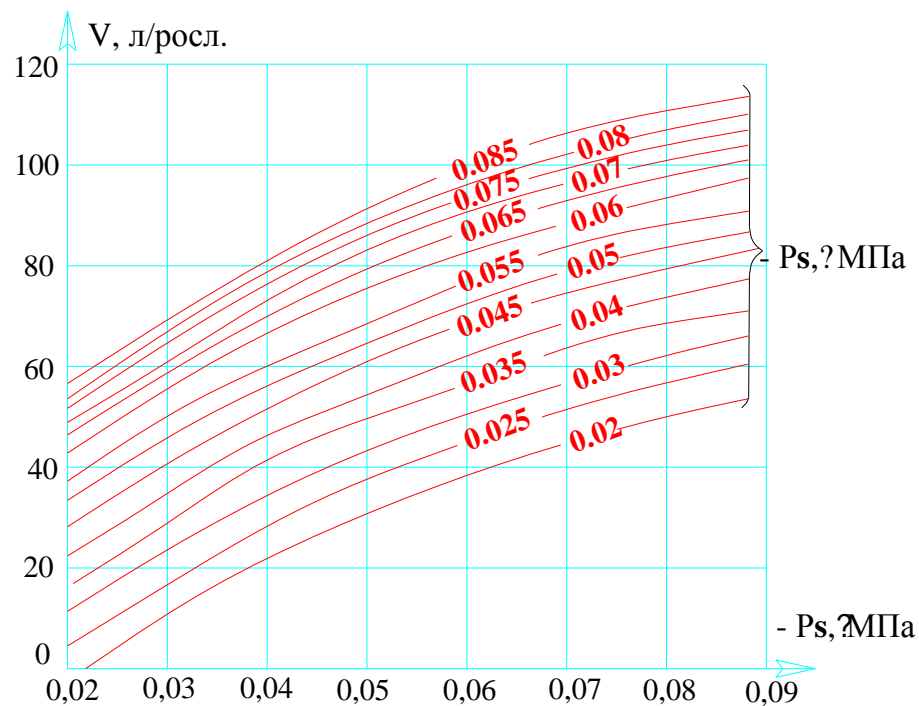


Рис.15 Середньосуглинкові ґрунти

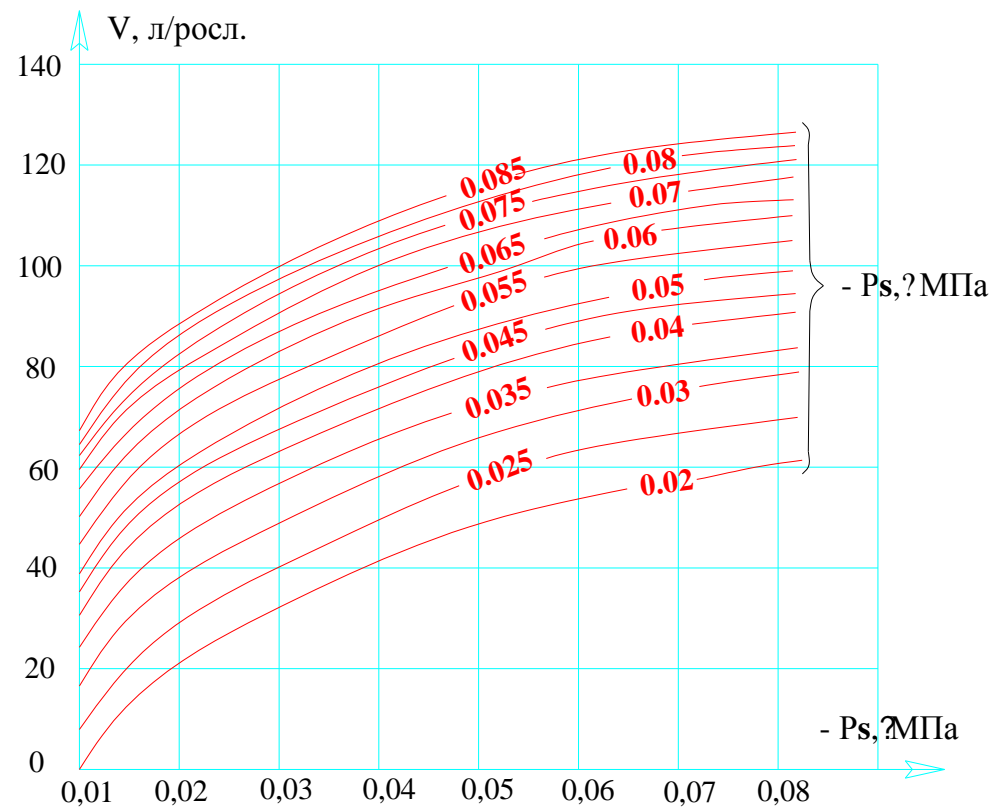


Рис.16 Важкосуглинкові ґрунти

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алпатьев С.М. Зрошення і осушення земель. / Киев. – Урожай. – 1972. – 320 с.
2. Выращивание плодовых саженцев в южной степи Украины /Монография под ред. В.И. Сенина. Мелитополь, 2005. – 70 с.
- 3.Гарюгин Г.А, Режим орошения сельскохозяйственных культур. – М. – Колос. – 1979. – 269 с.
4. Глобус А.М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических метаматических моделей. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 427 с.
5. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 355 с.
6. Дзекунов И.Е., Жернов И.Е., Файбишенко Б.А. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации. – М.–Недра. – 1987. – 177 с.
- 7.ДСТУ ISO 11276-2001 Якість ґрунту. Визначення тиску порової води. Метод з використанням тензіометра (ISO 112:1995, IDT).
- 8.ДСТУ ISO 15709:2004. Якість ґрунту. Ґрунтова вода та ненасичена зона. Визначення, позначення та теорія (ISO 15709:2002, IDT).
9. Кондратенко П.В. Адаптація яблуні в Україні. Київ: "Світ". – 2001. – 191 с.
10. Лимар А.О. Баштанництво. Херсон, 2005. – 219 с.
11. Лимар В.А. Арахіс. – Київ: Аграрна наука, 2007. – 158 с.
12. Льгов Г.К. Орошаемое земледелие. М. – Агропромиздат. – 1987. – 178 с.
13. Муромцев Н.А. Использование тензиометров в гидрофизике почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 121 с.
14. Омельченко І.К. Культура яблуні в Україні. Київ: Урожай, 2006. – 302 с.
15. Растворова О.Г. Физика почв. – Л.: ЛГУ, 1983. – 193 с.
16. Рекомендации по технологии орошения садов, питомников и ягодников. Запорожье, 1986. – 39 с.
17. Рекомендації з вирощування овочевих і баштанних культур на півдні України /Гола Пристань: ІПОБ УААН, 2005. – 108 с.

18. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 663 с.
19. Ромащенко М.И., Муромцев Н.Н., Корюненко В.Н. Методические указания по оперативному контролю влагозапасов почвы на мелиорируемых землях при помощи тензиометров типа ИВД. Киев. – 1984. – 42 с.
20. Ромащенко М.И., Корюненко В.М., Матвієць О.Г. та ін. Технології вирощування овочевих культур при краплинному зрошенні в умовах України (Рекомендації). – К.: ІГіМ. – 206. – С. 123.
21. Ромащенко М.И., Корюненко В.М., Сьомаш О.Д. та ін. Вивчення водоспоживання плодкових, ягідних культур та винограду при мікрозрошенні Вісник аграрної науки. – 1994. - № 3. – С. 74-81.
22. Ромащенко М.И., Корюненко В.М., Шатковський А.П. Использование тензиометров для диагностики полива овощных культур на капельном орошении //Овощеводство. – 2007. - № 1 (125). – С. 70-73.
23. Рудьєв В.А. Садівництво півдня України. Запоріжжя. Дике Поле, 2003. – 231 с.
24. Сейтумеров Э.Э. Технология выращивания лимона сорта «Мейер» // Агромир. – 2005. -№26.
25. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. – Изд-во МГУ, 1979. – 253 с.
26. Ходак В.О., Шашков І.Г., Козар І.М. та ін. Виноград і виноградарство. – Ужгород, 2007. – 406 с.
27. Шевченко И.В. Характер увлажнения почвы на виноградниках при различных способах полива /Виноградарство и виноделие. – К.: Урожай, 1978. – Вып. 21.– С. 31-35.
28. Шевченко І.В., Поляков В.І. Прогресивна технологія вирощування винограду в умовах зрошення. ІВіВ ім. Таїрова, 2007. – 156 с.