

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З
ДИСЦИПЛІНИ “МЕЛІОРАТИВНА ГІДРОЛОГІЯ”
для студентів IV курсу гідрологічного факультету
Напрямок підготовки – гідрометеорологія
Спеціальність – “Гідрологія та гідрохімія”
Спеціалізація – “Комплексне використання водних ресурсів”**

Затверджено
методичною радою університету
протокол № _____ від _____ 2004р.

Одеса-2004

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни “Меліоративна гідрологія”. / Кулібабін О.Г.– Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 67с.

Методичні вказівки призначені для студентів IV курсу денної форми навчання за спеціальністю “Гідрологія та гідрохімія“, спеціалізація „Комплексне використання водних ресурсів“.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Загальна частина.....	5
1.1 Мета та задачі дисципліни.....	5
1.2 Перелік тем занять.....	6
1.3 Перелік тем практичних занять.....	9
1.4 Контрольні питання для перевірки знань по модульній системі і для самостійної роботи студентів.....	9
1.5 Перелік навчальної літератури.....	14
2 Основні теоретичні положення.....	15
2.1 Предмет і задачі меліорації.....	15
2.2 Основні дані про зрошення і зрошувальні системи.....	16
2.3 Режим зрошення сільськогосподарських культур.....	20
2.4 Водний баланс зрошуваної території.....	34
2.5 Поняття оптимальності зволоження, виражене через водний баланс зрошуваної мережі.....	35
3 Практичні заняття.....	39
3.1 Балансові розрахунки зрошувальних норм.....	39
3.2 Розрахунок поливних норм, числа і строків поливів.....	52
4 Прогнозування водного режиму осушуваних територій.....	61
4.1 Водно-балансові розрахунки.....	61

ВСТУП

Мета методичних вказівок - допомогти студентам денної форми навчання у виконанні самостійної роботи при вивченні дисципліни “Меліоративна гідрологія”

Самостійна робота студентів складається з:

- вивчення основ водного балансу та водно-балансових досліджень;
- водно-балансових розрахунків;
- встановлення зв'язку балансових елементів з водно-фізичними властивостями і вологістю ґрунтів;
- прогнозування водного режиму зволжених територій;
- розрахунків зрошувальних норм і поливного режиму.

Внаслідок виконання самостійної роботи студент повинен отримати такі **знання**:

- поняття режиму зрошення;
- визначення зрошувальних і поливних норм для сільськогосподарських культур;
- методи визначення водного балансу для зрошувальної і осушеної території;
- прогнозування змін вологозапасів в ґрунтах для сільськогосподарських культур;
- рівняння природного водного балансу ґрунту;
- кліматична норма ґрунтової вологості і способи її визначення;
- оцінка природного зволоження території і водно-балансове обґрунтування потреби в меліорації;
- вплив зрошення на природне середовище і на процеси стоку;
- встановлення необхідності у зволоженні осушених земель на основі розрахунків водного балансу;
- поняття графіку гідромодуля і його укомплектування;
- основні елементи зрошувальної і осушувальної мережі системи,

та **вміння**:

- виконувати розрахунки режиму зрошення для визначення зрошувальних і поливних норм;
- виконувати розрахунки водного балансу кореневого шару ґрунту за вегетаційний період;
- визначати критичний рівень ґрунтових вод після зрошення;
- визначення змін вологозапасів в ґрунті для сільськогосподарських культур;
- визначати основні елементи водного балансу зрошуваної території.

В розділі “Розрахунки режиму зрошення і визначення зрошувальних

і поливних норм” міститься:

- перелік завдань на самостійну роботу, які передбачені навчальним планом і програмою курсу;
- основні теоретичні основи для підготовки виконання навчальних завдань.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Мета та задачі дисципліни

Меліорація земель є формою ефективного впливу на водний баланс суші. В результаті меліорації значно змінюється ґрунтова вологість, що докорінно змінює процеси формування поверхневого і підземного стоку, а також всіх інших компонентів водного балансу ґрунтів і річкових басейнів. Меліорація стала необхідним елементом становлення і розвитку економіки та сільського господарства нашої країни.

В сучасних умовах розрахунки і прогнози характеристик стоку й інших компонентів водного балансу вже неможливі без обліку діючих і перспективних впливів на гідрологічні процеси. Існуючі методики і розрахунки, нормативи й інші формули стали непридатними в результаті меліоративних дій, які змінюють гідрологічні процеси. Тому вивчення водного режиму меліорованих земель - дисципліни «Меліоративна гідрологія» - необхідно не тільки для підготовки гідрологів, які спеціалізуються в області меліорації, але й для формування всіх інших профілів гідрологів. Ця дисципліна належить до профільуючої.

Метою дисципліни «Меліоративна гідрологія» є аналіз трансформації водного балансу ґрунтів, поверхневих і підземних вод під впливом меліорації. Цей аналіз містить у собі дослідження ходу гідрологічних процесів після меліорації, моделювання стоку й інших елементів балансу, прогнозування екологічних наслідків меліоративних заходів. Цей предмет охоплює рішення наступних задач:

1. Розрахунки і прогнозування змін характеристик стоку й інших елементів водного балансу в розвитку його трансформації під впливом меліорації.
2. Водно-балансове обґрунтування оптимальних будівельних норм і режимів зрошення, розрахункових модулів стоку і водовідводу з осушених боліт і мінеральних земель.
3. Обґрунтування експлуатаційних режимів меліорації, оптимальних в еколого-економічному відношенні.
4. Екологічне обґрунтування меліорації.

1.2 Перелік тем занять

№ п/п	Найменування теми, її зміст	Лекції	Прак-тика	СРС
1	Класифікація меліорацій: меліорації водні і теплові. Предмет меліоративної гідрології та значення меліорації в сучасній науковій і прикладній гідрології. Зміна водного режиму ґрунту і елементів водного балансу суші внаслідок меліорацій.	2	-	$\frac{2}{2}$
2	Екологічні наслідки зрошення й осушення земель, задачі екологічного обґрунтування меліорації.	2	-	$\frac{2}{2}$
3	Рівняння природного водного балансу ґрунту. Кліматична норма ґрунтової вологи і методи її визначення. Оцінка природного зволоження території і водно-балансове обґрунтування потреби в меліорації. Розрахунок коефіцієнту водного балансу й установлення методу меліорації.	2	-	$\frac{4}{2}$
4	Динаміка урожайності сільськогосподарських культур в залежності від ґрунтової вологи. Ґрунтові константи, які описують екологічно оптимальний режим вологості та їх визначення.	2	-	$\frac{8}{2}$
5	Залежність ґрунтового випаровування від вологості ґрунту. Математична модель ґрунтового випаровування. Частинні моделі максимального випаровування і функції зволоження. Способи ідентифікації моделей випаровування за різною інформацією. Розрахунок формули випаровування зі зрошуваних земель України.	4	2	$\frac{6}{4}$
6	Вплив зрошення на процеси стоку і їх зв'язок з режимом експлуатації меліоративних систем.	2	-	$\frac{4}{2}$
7	Рівняння оптимізованого водного балансу (водоспоживання). Дефіцит і надлишки зволоження, визначення їхніх річних величин і внутрішньорічної динаміки.	2	4	$\frac{8}{4}$

№ п/п	Найменування теми, її зміст	Лекції	Прак- тика	СРС
8	Зрошувальна норма водоспоживання (норма нетто), оптимальна в екологічному відношенні. Способи визначення проектної та експлуатаційної норми нетто.	4	2	$\frac{8}{8}$
9	Моделі інфільтрації в ґрунт на природних і меліорованих схилах. Просторова зміна інфільтрації в природних і антропогенно змінених умовах. Інфільтрація на зрошуваних землях України. Вибір параметрів інфільтрації при розрахунку норм зрошення, тривалості поливу і максимального зливого стоку.	4	-	$\frac{6}{2}$
10	Розрахунок просочування в ґрунтові води на природних і зрошених масивах.	2	-	$\frac{8}{2}$
11	Зрошувальна система, її елементи і принципи будови. Зрошувана карта. Карткова зрошувана норма (норма водоподачі на карту) і норма водозабору (зрошувальна норма брутто).	2	-	$\frac{6}{4}$
12	Водний баланс карти. Установлення потрібного надлишку водоподачі на карту і карткової зрошувальної норми.	2	2	-
13	Рівняння водного балансу меліоративної системи і зрошуваної території при оптимальному режимі зрошування. Визначення зворотного стоку поливних вод, експлуатаційних втрат і фільтрації води із каналів. Рівняння водного балансу при надмірній водоподачі й оцінка його компонентів.	4	4	$\frac{8}{8}$
14	Установлення оптимального режиму зрошення. Розрахунок екологічно необхідної поливної норми, числа і строків поливу, тривалості поливу, водообіг. Графік гідромодуля і його укомплектування. Визначення проектного і експлуатаційного режимів зрошення.	6	4	$\frac{8}{4}$
15	Визначення критичного рівня ґрунтових вод після зрошення.	2	2	$\frac{6}{4}$

№ п/п	Найменування теми, її зміст	Лекції	Прак- тика	СРС
16	Розрахунок зміни річкового стоку під дією зрошення. Визначення поверхневого (дощового і талого) і підземного стоку з меліорованих масивів. Зміна річного стоку з річкових басейнів, його внутрішньорічного режиму і максимальних витрат внаслідок зрошення. Стік зі зрошуваних масивів України.	4	2	$\frac{8}{2}$
17	Зрошувальна і поливна норми на території України. Їх картування і задачі подальших розробок.	4	2	$\frac{8}{8}$
18	Гідрологічне обґрунтування методу меліорації і способів осушення земель. Види заболочування і перезволоження ґрунтів.	2	-	
19	Розрахунок припливу води до каналів на мінеральних перезволожених землях.	2	-	$\frac{6}{2}$
20	Трансформація паводків на системах, які осушують мінеральні ґрунти. Розрахункові і повірочні модулі стоку, які визначають необхідний режим відводу надлишкових вод.	2	-	$\frac{2}{2}$
21	Стік з неосушених боліт.	2	-	
22	Розрахункові модулі стоку з осушених боліт. Задачі розробки формул болотного стоку для регіонів північного сходу України.	2	-	$\frac{6}{4}$
		60	28	

1.3 Перелік тем практичних занять

№ п/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Математична модель ґрунтового випаровування. Частинні моделі максимального випаровування (випаровуваності) і функції зволоження.	4
2	Рівняння оптимізованого водного балансу (водоспоживання).	4
3	Зрошувальна норма водоспоживання (норма нетто), оптимальна в екологічному відношенні. Методи визначення проектної норми нетто.	4
4	Водний баланс карти.	4
5	Розрахунок екологічно необхідної поливної норми, числа і строків поливу, тривалості поливу, водообіг. Графік гідромодуля і його укомплектування. Визначення проектного і експлуатаційного режимів зрошення.	6
6	Визначення критичного рівня ґрунтових вод після зрошення. Екологічна оцінка критичного рівня і способи його оптимізації.	6
7	Розрахунок зміни річкового стоку під дією зрошення.	4
8	Стік з неосушених боліт.	2
Σ		32

1.4 Контрольні питання для перевірки знань по модульній системі і для самостійної роботи студентів

Варіант 1

- 1.Розрахункові модулі стоку з осушених боліт.
- 2.Кліматична норма ґрунтової вологи і методи її визначення.
- 3.Поняття інтегральної кривої дефіцитів зволоження.

Варіант 2

- 1.Розрахункові положення випаровування зі зрошуваних земель.
- 2.Гідрологічне обґрунтування меліорацій і методів осушення земель.
- 3.Графік гідромодуля і необхідність його укомплектування.

Варіант 3

1. Екологічні наслідки осушення земель, задачі екологічного обґрунтування меліорацій.
2. Динаміка врожайності сільськогосподарських культур в залежності від стану вологості ґрунтів.
3. Дефіцити і надлишки зволоження. Визначення їхніх річних величин.

Варіант 4

1. Поняття режиму зрошення.
2. В чому різниця між зрошувальною і поливною нормою.
3. Розрахункова витрата зрошувальної системи (нетто і брутто).

Варіант 5

1. Основні елементи зрошувальної системи.
2. Визначення критичного рівня ґрунтових вод після зрошення.
3. Види заболочування і перезволоження ґрунту.

Варіант 6

1. Поняття детальних і наближених водних балансів.
2. Залежність ґрунтового випаровування від вологості ґрунтів.
3. Вплив зрошення на процеси стоку і їх зв'язок з режимом експлуатації меліоративних систем.

Варіант 7

1. Поняття режиму зрошення.
2. Види перезволожений ґрунтів.
3. Визначення критичного рівня ґрунтових вод після зрошення.

Варіант 8

1. Оцінка природного зволоження території.
2. Види поливів сільськогосподарських культур.
3. Розрахункові положення випаровування зі зрошуваних земель.

Варіант 9

- 1.Що таке поливна норма і чим вона відрізняється від зрошувальної.
- 2.За якими вихідними даними можна побудувати інтегральну криву зволоження.
- 3.Дайте визначення гранично-польової вологомісткості (ГПВ).

Варіант 10

- 1.Рівняння водного і теполоенергетичного балансу суші і його значення для обґрунтування необхідності в меліорації.
- 2.Поняття режиму зрошення.
- 3.Визначення коефіцієнта зволоження й умови його використання.

Варіант 11

- 1.Дайте визначення зрошувальної норми.
- 2.Поняття вологість ґрунтів і випаровування.
- 3.Що таке графік гідромодуля.

Варіант 12

- 1.Основні складові рівняння водного балансу.
- 2.Визначення шару опадів.
- 3.Види і задачі меліорації.

Варіант 13

- 1.Загальне поняття інтегральної кривої дефіцитів зволоження.
- 2.Що таке зрошувальна норма.
- 3.Поняття вологості ґрунтів і випаровування.

Варіант 14

- 1.Які задачі вирішуються за допомогою методу водного балансу.
- 2.Поняття коефіцієнта транспірації і водоспоживання.
- 3.Дайте загальне поняття предмета меліоративна гідрологія.

Варіант 15

1. Математична модель ґрунтового випаровування (загальне поняття).
2. Залежність водоспоживання від метеорологічних факторів.
3. Характеристика умов природної вологозабезпеченості.

Варіант 16

1. Для якої розрахункової забезпеченості визначають зрошувальні норми.
2. Поняття зрошувальної норми.
3. Якими способами визначають вологість ґрунтів.

Варіант 17

1. Укомплектований і неукомплектований графіки гідромодуля.
2. Види поливів.
3. За якими критеріями визначають тривалість межполивного періоду.

Варіант 18

1. Предмет і задачі меліорації.
2. Від яких природних умов залежить правильний вибір способів проведення гідромеліорацій.
3. Для чого необхідне зрошення.

Варіант 19

1. Способи оцінки вологозабезпеченості рослин.
2. Види зрошення.
3. Що таке зрошувальні меліорації.

Варіант 20

1. Способи зрошення.
2. Вплив зрошення на ґрунт, рослини і мікроклімат.
3. Методи і способи осушення земель.

Варіант 21

- 1.Сформулюйте, що таке мінімально припустимий поріг вологості для рослин.
- 2.Установлення необхідності і спрямованості меліоративних заходів.
- 3.Типи водного живлення і причини надмірного зволоження.

Варіант 22

- 1.Основні причини заболочування території.
- 2.Основні положення прогнозу водного режиму осушуваних територій.
- 3.Дайте визначення ординати гідромодуля.

Варіант 23

- 1.Яким методом здійснюється прогноз водного режиму для умов середнього, посушливого й гостро посушливого років.
- 2.На які три види поділяються надмірно зволожені землі.
- 3.Що таке норма осушення.

Варіант 24

- 1.Сформулюйте поняття гідрологічного року.
- 2.Дайте загальне визначення рівняння водного балансу річкового басейну.
- 3.Як визначити запаси підземних вод на водозборі.

Варіант 25

- 1.Сформулюйте фізичний зміст визначення водного балансу верхнього шару ґрунту.
- 2.Як визначити інтенсивність вбирання і водного балансу ґрунтів.
- 3.Дайте коротке визначення біокліматичного методу розрахунку сумарного випаровування.

Варіант 26

- 1.Основні принципи водоспоживання сільськогосподарських культур.
- 2.Що таке режим зрошення і як його розробляють.
- 3.Методи вимірювання випаровуваності і розрахункові методи по

визначенню водоспоживання.

Варіант 27

1. Як вибрати розрахунковий режим зрошення і відсоток забезпеченості розрахункового року (за метеорологічними даними).
2. Сформулюйте поняття мінімального порога вологості.
3. Для чого необхідно укомплектовувати графік гідромодуля.

Варіант 28

1. Назвіть основні способи зрошення.
2. Що таке водний баланс карти.
3. Опишіть фізичний зміст математичної моделі ґрунтового випаровування.

1.5 Перелік навчальної літератури

Основна

1. Є.Д.Гопченко, О.В.Гушля Гідрологія суші з основами водних меліорацій. - Київ, 1994.
2. Бефани А.Н. Основные вопросы мелиоративной гидрологии. – Одесса, 1996.
3. А.Г.Кулибабин. эколого-экономические проблемы водо- и энергосбережения в орошении. НАН Украины институт проблем рынка и экономико-экологических исследований.

Додаткова

4. Левченко Г.П. Гидрология и сельскохозяйственная мелиорация. – Л. Гидрометеиздат, 1984.
5. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л. Гидрометеиздат, 1975.

Перелік методичних вказівок до практичних занять

6. Методичні вказівки до практичних занять «Вибір режиму зрошення, побудова графіків гідромодуля і поливу сівозміни ділянок земель.» Кулібабін О.Г., Одеса, ОГМІ, 1998.
7. Методические указания по курсу «Воднобалансовые исследования и мелиоративная гидрология», Одесса, ОГМИ, 1998.

2 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ З МЕЛІОРАТИВНОЇ ГІДРОЛОГІЇ

2.1 Предмет і задачі меліорації

Слово «меліорація» походить від латинського слова *melioratio*, що в перекладі на російську мову означає поліпшення. У сучасному понятті меліорація - це система організаційно-господарських і технічних заходів, спрямованих на корінне поліпшення земель з метою створення найбільш сприятливих умов для розвитку сільського господарства або для загального оздоровлення місцевості.

За впливом на ґрунт і рослини розрізняють гідротехнічні, агротехнічні, лісотехнічні, хімічні і культуртехнічні меліорації.

Найбільш істотний вплив на поліпшення природних умов здійснюють сільськогосподарські гідротехнічні меліорації (зрошення, обводнення й осушення), які змінюють водно-повітряний режим ґрунту. З цією метою будуються великі і дрібні зрошувальні й осушувальні канали, трубопроводи, лотки, створюються водосховища й греблі. Проведення гідротехнічних меліорацій зв'язано зі значними капіталовкладеннями, тому вони вимагають техніко-економічних обґрунтувань. Найбільша ефективність меліорацій досягається при комплексному їхньому застосуванні, коли зрошення поєднується з дренаванням, а осушення - з періодичним зрошенням земель. При цьому меліорації поєднуються з правильною організацією праці, високим рівнем агротехніки, внесенням добрив і т.д.

Агротехнічні меліорації необхідні для зміни фізичних і хімічних властивостей ґрунту. Вони приводять до зміни вмісту в ґрунті різних живильних елементів і забезпечують підвищення його родючості. Агротехнічні меліорації включають правильний вибір глибини і напрямку оранки, ґрунтопоглиблення, створення лугів на крутих схилах, поліпшення лугів і пасовищ, снігозатримання.

Під лісотехнічними меліораціями мається на увазі поліпшення земель шляхом вирощування деревної чи трав'янистої рослинності в поєднанні з деревною. Сюди відноситься залісення місцевості, закріплення пісків, що рухаються, створення полезахисних лісосмуг і т.д.

При хімічних меліораціях для поліпшення земель, особливо засолених, у ґрунт вносять гіпс, вапно, сірчану кислоту, дефекаційну грязь, фосфоритне борошно й ін. До хімічних меліорацій відноситься використання різних гербіцидів для боротьби з заростанням меліоративних каналів, застосування полімерів для зниження фільтраційних втрат води з водойм і каналів.

Культуртехнічні меліорації дозволяють поліпшувати стан поверхні

грунту шляхом видалення каменів, пнів, чагарників, планування поверхні.

Меліорація не тільки підвищує продуктивність сільського господарства, але й створює базу для його стійкого розвитку в різних за погодними умовами роки у всіх зонах країни, забезпечує гарантовані високі врожаї сільськогосподарських культур, сприяє збільшенню національного доходу країни, перетворює економіку великих районів, вносить корінні зміни в умови сільськогосподарського виробництва, зберігає і поліпшує навколишнє середовище.

Об'єктами сільськогосподарських меліорацій можуть бути землі: з несприятливими умовами водно-повітряного режиму (болота і заболочені землі, посушливі степи, напівпустелі і пустелі); з несприятливими фізичними і хімічними властивостями (засолені, важкі глинисті ґрунти, піски і т.д.); піддані шкідливому механічному впливу води або вітру (яри, легко розмивний ґрунтовий покрив, схилі території), на яких здійснюються протиерозійні заходи [1, 2, 3].

2.2 Основні дані про зрошення і зрошувальні системи

Зрошення й обводнювання земель

Зрошення - це штучне зволоження ґрунту для одержання високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Поряд із ґрунтом при зрошенні зволожуються в тім чи іншому ступені рослини і приземний шар повітря в залежності від використовуваної технології поливу. У виробничих умовах зрошення здійснюється за допомогою комплексу гідротехнічних і інженерно-технічних споруд, які називаються зрошувальною системою.

Зрошувальні меліорації являють собою комплекс господарських, інженерних і організаційних заходів, спрямованих на доставку і рівномірний розподіл води на сільськогосподарських угіддях, які у природних умовах зазнають її недолік. В основі зрошувальних меліорацій лежать гідротехнічні прийоми подачі води і перетворення її в ґрунтову вологу.

Види зрошення. По впливу на ґрунт і рослини зрошення поділяється на зволожувальне, удобрювальне і спеціальне.

Зволожувальне зрошення є переважним. Поділяється на діюче регулярно й однократно. При регулярно діючому зрошенні ґрунт зволожується в необхідний термін і в необхідній кількості.

При надходженні води в зрошувальну мережу з джерела зрошення самопливом зрошення називається самопливним. При підйомі води з джерела в зрошувальну мережу насосними станціями зрошення називається механічним.

Регулярно діюче зрошення використовується на 80%, а механічне - на 11% зрошуваної площі.

При однократно діючому зрошенні ґрунт зволожується тільки один раз у рік шляхом затоплення земель водами весняного стоку (лиманне зрошення) чи паводковими водами (паводкове зрошення).

Удобрювальне зрошення застосовується для внесення добрив у ґрунт за допомогою води, яка, будучи розчинником добрив, транспортує їх у ґрунт. Сюди відноситься полив стічними водами міської каналізації і промислових підприємств, а також весняними водами, які містять велику кількість завислих наносів, що відкладаються на полях й удобрюють їх.

Способи зрошення. В залежності від подачі води в ґрунт зрошення поділяється на п'ять основних видів:

1) поверхневе, при якому вода розподіляється по поверхні шляхом напуску її в борозни, смуги чи чеки;

2) дощуванням, при якому вода розприскується над поверхнею поля у виді дощу спеціальними машинами, установками чи агрегатами. При цьому зволожується ґрунт, рослини і приземний шар повітря;

3) дрібнодисперсне (аерозольне), при якому вода розпорошується над поверхнею поля у вигляді дрібних крапельок (аерозолів), які зволожують приземний шар повітря, рослини і частково поверхню ґрунту;

4) внутрішньогрунтове, яке здійснюється введенням води в підорний шар ґрунту. При цьому підтримується оптимальна вологість кореневого шару ґрунту, зберігається структура ґрунту;

5) субіригація (підземне зрошення), при якому зволоження кореневого шару ґрунту здійснюється шляхом штучного підйому і підтримки рівня ґрунтових вод.

Вплив зрошення на ґрунт, рослини і мікроклімат. Вплив зрошення на водно-фізичні і хімічні властивості ґрунту, мікробіологічні процеси і тепловий режим кореневого шару ґрунту дуже значний. При надмірному зволоженні структура ґрунту руйнується, зменшується її пористість і погіршується водообмін.

Зрошення сприяє розчиненню живильних речовин, які знаходяться в ґрунті, і підвищує їхню доступність рослинам. При інтенсивному зволоженні з верхніх шарів ґрунту вимиваються як корисні, так і шкідливі солі, підвищуються рівні ґрунтових вод, що приводить до заболочування зрошуваних земель, а при мінералізованих ґрунтових водах - і до засолення [1, 2, 3, 4, 5].

Зрошувальна система і її елементи

Зрошувальна система - це земельна територія разом з мережею каналів, гідротехнічних і експлуатаційних споруд, які забезпечують забір води з джерела, транспортування і розподіл її для зрошення.

До складу регулярно діючої зрошувальної системи крім земельної території входять (рис.2.1):

1) джерело зрошення (річка, ставок, озеро, підземні води), яке повинно цілком задовольняти потреби зрошувальної системи у воді;

2) водозабірна споруда (чи насосна станція), яка подає воду з джерела в канал чи трубопровід;

3) зрошувальна мережа, яка складається з провідних каналів чи розподільних трубопроводів;

4) тимчасова зрошувальна мережа, яка розподіляє воду всередині поливних ділянок;

5) дренажно-скидна мережа, яка перехоплює зливові, скидні і ґрунтові води й відводить їх у водоприймач;

6) гідротехнічні споруди, призначені для регулювання витрат, швидкості й горизонтів води в каналах;

7) споруди на закритій зрошувальній мережі (розподільні й спорожнювальні колодязі);

8) арматура на закритій зрошувальній мережі (вантузи, протиударні пристрої);

9) лісосмуги, які захищають поля від шкідливої дії вітру;

10) дороги, необхідні для здійснення експлуатаційних заходів, підвезення насіння, добрив, вивезення врожаю;

11) пристрою автоматики, зв'язку;

12) виробничі будівлі.

У деяких випадках зрошувальна система може не мати окремих елементів.

Зрошувальні системи по конструкції розділяються на три основних типи: відкриті, закриті і комбіновані.

Відкриті зрошувальні системи найбільш поширені. Вони мають канали в земляному руслі чи у вигляді лотків. Канали звичайно споруджують із протифільтраційним захистом.

У закритих зрошувальних системах замість каналів використовуються трубопроводи, звичайно підземні. Закриті системи можуть бути стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні. У стаціонарних зрошувальних системах усі ланки стаціонарні. Напівстаціонарні системи мають постійні розподільні і розбірні поливні трубопроводи. У пересувних системах усі трубопроводи розбірні [2, 4].

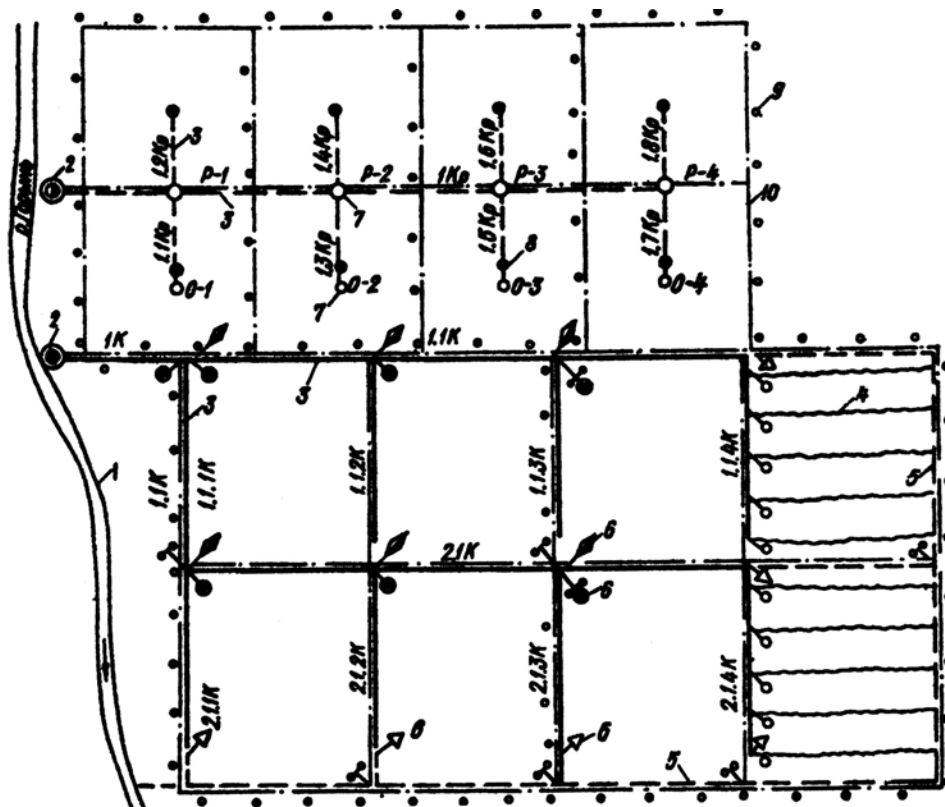


Рисунок 2.1 – Схема зрошувальної системи

1 – джерело води; 2 – водозабірна споруда; 3 – зрошувальна провідна мережа; 4 – тимчасова зрошувальна мережа; 5 – дренажно-скидна мережа; 6 – гідротехнічні споруди; 7 – споруди на закритій зрошувальній мережі; 8 – арматура на закритій мережі; 9 – лісосмуги; 10 – дороги.

Комбіновані зрошувальні системи складаються з відкритих магістральних і міжгосподарських каналів і закритої внутрішньогосподарської зрошувальної мережі.

Найбільш досконалою є закрыта зрошувальна система, яка має високий ККД і дозволяє автоматизувати подачу і розподіл води при поливі.

Незалежно від типу і конструкції регулярно діюча зрошувальна система повинна задовольняти наступним основним вимогам: подавати воду на поля в будь-який час і в потрібних кількостях; мати мінімальні втрати води на фільтрацію, випаровування і скидання; займати мінімальні площі відчуження під всі елементи зрошувальної системи; забезпечувати якісний полив і високий коефіцієнт корисного використання води; мати мінімальну вартість будівництва й експлуатації; забезпечувати одержання проектної врожайності сільськогосподарських культур [1, 2, 4].

2.3 Режим зрошення сільськогосподарських культур

Оптимальні умови для розвитку сільськогосподарських культур

Для нормального росту і розвитку рослин у ґрунті необхідно забезпечити оптимальні водно-повітряний, світловий, тепловий і живильний режими.

Зрошувальні меліорації спрямовані на створення і регулювання на полях водного режиму, який забезпечує одержання проектного врожаю сільськогосподарських культур. Водний режим знаходиться в прямій залежності від кліматичних, ґрунтових, гідрогеологічних і господарських умов, біологічних особливостей рослин, їх врожаю, агротехніки оброблення, а також від способу і техніки поливу.

Водний режим ґрунту регулює й інші фактори, які здійснюють вплив на життя рослини і формування врожаю. Так, внесені добрива, особливо в зоні недостатнього зволоження, найбільш ефективні при зрошенні. Врожаї сільськогосподарських культур на зрошуваних землях у 2-3 рази вище, ніж на незрошуваних землях за інших рівних умов.

Тепловий режим ґрунту при зрошенні визначається як посиленням випаровуванням з поверхні поля, так і температурою самої зрошувальної води. У періоди з найбільш високими температурами повітря поливи знижують їх, а в періоди з низькими температурами (нічні години, ранні осінні і пізні весняні заморозки) підвищують за рахунок більшої теплоємності води і більш високої її температури в порівнянні з повітрям.

Поливи впливають на концентрацію ґрунтового розчину, змінюють вміст солей у ґрунті. Витісняючи повітря з ґрунтових пір, зрошувальна вода визначає повітряний режим ґрунту [1, 2, 5].

Оптимальний водний режим ґрунту створюється відповідним режимом зрошення, який визначає норми, терміни і кількість поливів сільськогосподарської культури.

Подача води на поле і перевід її в ґрунтову вологу здійснюється за допомогою різних способів і техніки поливу.

Розробка розрахункового режиму зрошення зв'язана з установленням проектного зволоження ґрунту, який залежить від намічуваного врожаю даної культури і визначається економічними розрахунками.

Водоспоживання сільськогосподарських культур

Волога з поля, зайнятого сільськогосподарською культурою, для забезпечення її нормального росту і розвитку витрачається на транспірацію T і випаровування I з поверхні ґрунту (і листів при дощуванні). На випаровування діють тільки фактори зовнішнього

середовища, а транспірація обумовлюється впливом як зовнішніх умов, так і біологічної особливості рослини.

Визначити роздільно частку випаровування і транспірації при вегетації культури досить складно. У практиці ці дві величини визначають як єдине ціле, що набагато спрощує розрахунки. Таку кількість води називають недоспоживанням або сумарним випаровуванням:

$$E = T + I. \quad (2.1)$$

Витрата води з поля, зайнятого тією чи іншою культурою, залежить від метеорологічних умов, режиму мінерального живлення, густоти посіву, рівня агротехніки, залісеності і водозабезпеченості поля. Таким чином, режим зрошення однієї і тієї ж культури на різних ділянках складається по-різному.

Найчастіше водозабезпеченість району оброблення сільськогосподарських культур не покриває їх оптимального недоспоживання, що викликає необхідність штучного зволоження земель.

Для обчислення об'єму води, який необхідно подати на поле, варто установити величину водоспоживання даної культури.

Сумарне випаровування можна виразити через випаровуваність. Випаровуваність E_0 згідно світових стандартів визначають для стандартної зрошуваної культури - люцерни з висотою травостою 0.3-0.5 м при необмеженому припливі води до кореневої системи рослин.

Відношення випаровуваності E_0 до водоспоживання E різне для різних кліматичних районів і для років різного ступеня посушливості. Для визначення цього відношення вводять поправковий коефіцієнт k , тоді

$$E = kE_0. \quad (2.2)$$

Велика трудомісткість вимірювання випаровуваності і необхідність вивчення мінливості водоспоживання в часі і за площею привели до створення ряду розрахункових методів по визначенню водоспоживання.

Усі методи визначення сумарного випаровування можна розділити на методи безпосереднього спостереження, за аналогами в умовах, близьких до проєктованих, і на розрахункові методи, засновані на встановленні зв'язку водоспоживання з різними кліматичними умовами.

Метод водного балансу (МВБ) заснований на використанні рівняння водного балансу:

$$E = \alpha P \pm \Delta W + M + W_{\text{гр}} - W_{\text{пот}}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2.3)$$

де E - водоспоживання, $\text{м}^3/\text{га}$; αP - опади, які вбираються в ґрунт, $\text{м}^3/\text{га}$; ΔW - кількість води, використувана рослинами з кореневого шару ґрунту, $\text{м}^3/\text{га}$; $\Delta W = W_{\text{н}} - W_{\text{к}}$, $\text{м}^3/\text{га}$ ($W_{\text{н}}$ і $W_{\text{к}}$ - запаси вологи в ґрунті на початок і кінець вегетаційного періоду,); M - зрошувальна норма, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{гр}}$ - об'єм ґрунтових вод, що йдуть на підживлення кореневого шару ґрунту, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{пот}}$ - втрати зрошувальної води на поверхнєве і глибинне скидання, $\text{м}^3/\text{га}$.

Застосовують МВБ тільки при глибокому заляганні рівня ґрунтових вод ($H \geq 5$ м). Недолік методу водного балансу полягає в тому, що він не виявляє залежності сумарного випаровування від теплоенергетичних, кліматичних, біологічних та інших факторів життя рослин [4, 5].

Метод водного балансу монолітів в залежності від поставленої задачі підрозділяється на метод випарників і метод лізіметрів.

Метод випарників заснований на використанні посудин, у які поміщають ґрунтові моноліти і дозволяє вивчити залежність випаровування від заданого режиму зрошення сільськогосподарських культур.

Випарники являють собою циліндри з водонепроникним дном і стінками. Глибина їх 1-1.5 м, що відповідає глибині кореневого шару ґрунту. Площа поперечного перерізу випарників коливається від 500-1000 см^2 для зернових до 2000-3000 см^2 для просапних культур. Випарники застосовують на зрошуваних масивах із глибоким заляганням ґрунтових вод ($H > 5$ м), щоб виключити вертикальний вологообмін у ґрунті. Випаровування визначають по зміні маси ґрунтового моноліту випарника із сільськогосподарською культурою, що виростає в ньому, за визначені періоди часу. Для зважування ґрунтового моноліту застосовують найпростіші піднімальні пристрої.

Метод лізіметрів на відміну від випарників враховує вертикальний вологообмін $W_{\text{гр}}$. Лізіметр - непроникний бак круглого чи прямокутного перерізу (зовнішня посудина), у який поміщають внутрішню посудину з досліджуваним шаром ґрунту глибиною 1-2.5 м. Площа лізіметра залежить від досліджуваної сільськогосподарської культури і лежить у межах 1000-10 000 см^2 .

Витрату поливної води з лізіметра визначають по зміні вологості ґрунту в часі шляхом відбору проб ґрунту чи зважуванням. У лізіметрах на відміну від випарників автоматично підтримується задана глибина ґрунтових вод за рахунок створення шару води в зовнішній посудині.

Таким чином, при неглибокому заляганні рівня ґрунтових вод водоспоживання рослин рекомендується визначати методом лізіметрів, а при глибокому заляганні - методом випарників, але з одночасним періодичним контролем результатів методами водного і теплового

балансів [2, 5].

Метод теплового балансу (МТБ) заснований на використанні рівняння теплового балансу поверхні землі з обліком тепло - і водообміну в приземному шарі повітря. Складові теплового балансу вивчають на спеціальних теплобалансових станціях.

Розрахункові методи засновані на встановленні кореляційної залежності між випаровуванням і одним чи групою метеорологічних показників.

А.М.Костяков уперше запропонував формулу для визначення водоспоживання, яка одержала широке поширення в нашій країні і за рубежом:

$$E = KU, \quad (2.4)$$

де E - водоспоживання, $\text{м}^3/\text{га}$; K - коефіцієнт водоспоживання культури (витрата води на одиницю врожаю, $\text{м}^3/\text{ц}$ чи $\text{м}^3/\text{т}$) визначається дослідним шляхом з урахуванням кліматичних умов району, властивостей ґрунтів, рівня агротехніки і біологічних особливостей культури; U - розрахунковий врожай сільськогосподарської культури, $\text{ц}/\text{га}$ чи $\text{т}/\text{га}$.

Недоліком даного методу є те, що не можна визначати значення водоспоживання культури за окремі проміжки часу, а також відсутній зв'язок сумарного випаровування з кліматичними факторами конкретного року.

Основний метод, яким користаються в даний час – це біокліматичний метод С.М.Алпатьяєва. Перевага цього методу - простота і доступність розрахунків. Метод заснований на залежності сумарного випаровування вологи від дефіциту вологості повітря й особливостей рослини, які характеризуються коефіцієнтом біологічної кривої рослини. Біологічна крива являє собою залежність випаровування вологи з ґрунту (мм), яка витрачається на покриття дефіциту вологості повітря в 1 мілібар, від температури повітря. Такі криві встановлені для окремого виду культур і різних термінів вегетації, виражених сумою температур від моменту сходів з урахуванням виправлень на довжину світлового дня (l - відношення тривалості дня до 12 годин), приведені в табл. 2.1.

Розрахунок сумарного випаровування за біокліматичним методом ведеться по залежності:

$$E = k_6 \sum d, \text{ мм}, \quad (2.5)$$

де E - сумарне випаровування за розрахунковий період, мм; k_6 - значення коефіцієнта біологічної кривої за даний період, мм/мб; $\sum d$ - сума дефіцитів вологості повітря за даний період, мб [1, 2, 3, 4, 5].

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів біологічних кривих (за даними С.М.Алпатєва УкрНДІГіМ)

Σt° від сходів	Культура						
	Цукро- вий буряк	Куку- рудза	Озима пшениця	Ярова пшениця	Томати	Картопля весінньої посадки	Люцерна (на 5 укосів)
0-100	0.28	0.23	0.53	0.27	-	0.23	0.50
101-200	0.29	0.23	0.53	0.30	0.23	0.27	0.52
201-300	0.30	0.25	0.53	0.33	0.30	0.32	0.42
301-400	0.32	0.27	0.52	0.36	0.33	0.36	0.44
401-500	0.33	0.29	0.51	0.39	0.36	0.40	0.46
501-600	0.35	0.30	0.50	0.41	0.39	0.41	0.48
601-700	0.36	0.31	0.49	0.44	0.43	0.44	0.52
701-800	0.37	0.34	0.47	0.46	0.46	0.46	0.54
801-900	0.38	0.36	0.45	0.47	0.50	0.47	0.52
901-1000	0.39	0.38	0.43	0.60	0.52	0.47	0.42
1001-1100	0.40	0.40	0.42	0.44	0.53	0.47	0.44
1101-1200	0.41	0.41	0.41	0.41	0.53	0.45	0.45
1201-1300	0.42	0.42	0.37	0.40	0.52	0.44	0.52
1301-1400	0.43	0.44	0.34	0.37	0.50	0.42	0.53
1401-1500	0.45	0.45	0.30	0.34	0.47	0.39	0.53
1501-1600	0.46	0.48	0.26	0.30	0.45	0.37	0.42
1601-1700	0.47	0.49	0.23	0.27	0.42	0.35	0.43
1701-1800	0.48	0.49	0.19	-	0.40	0.33	0.45
1801-1900	0.49	0.48	-	-	0.39	0.31	0.47
1901-2000	0.49	0.46	-	-	0.38	0.30	0.49
2001-2100	0.50	0.45	-	-	0.37	0.28	0.52
2101-2200	0.49	0.43	-	-	0.37	0.27	0.52
2201-2300	0.48	0.40	-	-	0.36	0.25	0.52
2301-2400	0.47	0.37	-	-	0.35	-	0.42
2401-2500	0.46	0.35	-	-	0.35	-	0.44
2501-2600	0.45	0.32	-	-	0.35	-	0.46
2601-2700	0.43	0.29	-	-	0.34	-	0.48
2701-2800	0.42	0.26	-	-	0.33	-	0.51
2801-2900	0.41	0.25	-	-	-	-	0.51
2901-3000	-	-	-	-	-	-	0.52
3001-3100	-	-	-	-	-	-	0.52
3101-3200	-	-	-	-	-	-	0.42
3201-3300	-	-	-	-	-	-	0.46
3301-3400	-	-	-	-	-	-	0.49
3401-3500	-	-	-	-	-	-	0.52
3501-3600	-	-	-	-	-	-	0.52
3601-3700	-	-	-	-	-	-	0.42
3701-3800	-	-	-	-	-	-	0.46
3801-3900	-	-	-	-	-	-	0.49

Часто використовують формулу Н.Н.Іванова для визначення випаровуваності:

$$E_o = 0.0018(25 + t^2)(100 - a), \quad (2.6)$$

де E_o - випаровуваність за місяць, мм; t - середньомісячна температура повітря, °C; a - середньомісячна відносна вологість повітря, %.

За рубежом широке поширення одержав метод Блейні і Кріддла (США). Сумарне випаровування за цим методом визначається по залежності:

$$E = 25.4 KP(1.8t + 32) : 100, \quad (2.7)$$

де K - біологічний коефіцієнт водоспоживання рослини за місяць; P - тривалість годин денного часу, % від їхньої річної суми; t - середньомісячна температура повітря, °C.

Поливні режими сільськогосподарських культур

Режим зрошення - це поєднання норм, кількості і строків поливу сільськогосподарських культур. Поливний режим можна установити за даними безпосередніх спостережень у польових умовах або за експериментальними даними наукових установ.

У сучасній меліоративній практиці використовується кілька методів розрахунку поливного режиму. Найбільше поширення одержали графоаналітичний метод А.М.Костякова, заснований на водно-балансових розрахунках, і графічний метод з використанням кривої дефіцитів вологості розрахункового шару ґрунту.

Метод А.М.Костякова полягає в тому, що для кожної культури попередньо визначається мінімально припустимий запас води в ґрунті W_{min} . Визначивши фактичний запас вологи $W_{ф}$, порівнюють його з W_{min} . Якщо $W_{min} > W_{ф}$, то полив не потрібен.

Знаючи опади, хід сумарного випаровування, розрахунковий шар ґрунту по періодах вегетації й установивши запаси вологи в розрахунковому шарі ґрунту - максимальні, відповідні НВ ($W_{нв}$) і мінімальні (W_{min}), можна аналітично і графічно визначити поливні норми і кількість поливів (рис. 2.2). Коли фактичні запаси вологи в розрахунковому шарі знижуються до мінімально припустимих, призначають полив і визначають середній день і норму поливу [2, 3, 4].

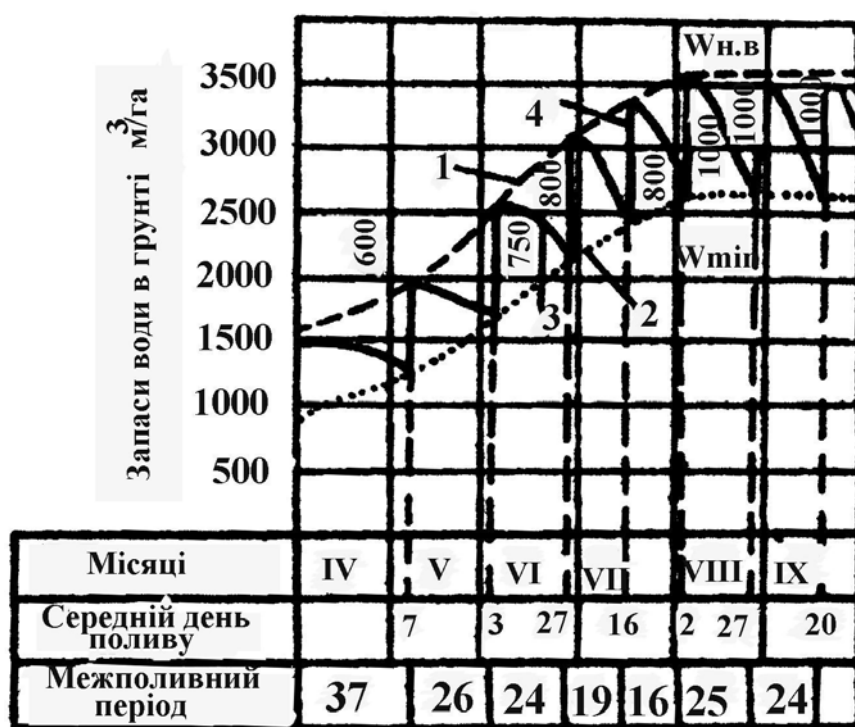


Рисунок 2.2 – Графік для розрахунку поливного режиму люцерни графоаналітичним методом:

1 і 2- криві максимального і мінімального запасів води в розрахунковому шарі ґрунту; 3 – крива зміни фактичного запасу вологи в розрахунковому шарі; 4 – поливні норми.

Поливний режим сільськогосподарських культур можна установити графічним шляхом з використанням кривої дефіциту вологи в розрахунковому шарі ґрунту поля (рис.2.3). По визначених раніше значеннях дефіцитів водного балансу поля (біокліматичний метод) по періодах будують інтегральну криву. Початок цієї кривої повинний відповідати мінімальному запасу вологи в ґрунті на момент сівби чи поновлення вегетації. Для визначення строку першого поливу необхідно знати вихідний запас вологи в ґрунті $W_{исх}$ і порівняти його з мінімально припустимим W_{min} .

Якщо наявний запас вологи більше мінімального, то визначають продуктивний запас вологи A , при витраченні якого і призначають перший полив. Про це буде свідчити перетинання горизонтальної лінії, проведеної через крапку на шкалі, яка позначена $W_{исх}$, з кривою сумарного випаровування.

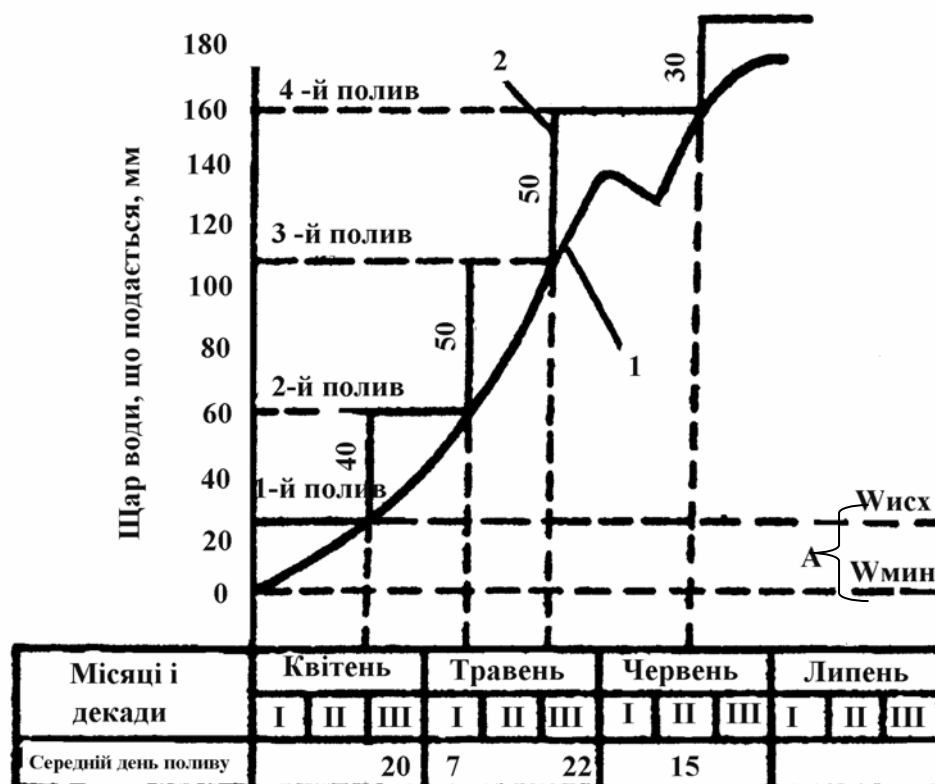


Рисунок 2.3 - Графік уточнення термінів і норм поливу ярової пшениці за дефіцитом водного балансу:

- 1 – інтегральна крива дефіцитів водного балансу; 2 – норма поливу;
 3 - $W_{исх}$ і $W_{мин}$ - вихідний і мінімальний запаси вологи в розрахунковому шарі ґрунту.

Якщо вихідний запас вологи менше мінімального, то відразу ж призначають полив, а час чергового поливу визначають аналогічно.

Отримані цими методами терміни являють собою середні дати поливів. Щоб установити дати початку і кінця поливу, визначають тривалість поливного періоду, який залежить від організації і технології поливу на зрошуваному полі. Звичайно тривалість поливу складає 3-6, а при вологозарядкових поливах – 10-15 діб.

Крім вегетаційних поливів, які забезпечують потребу рослини в воді, у вегетаційний період застосовують поливи спеціального призначення: вологозарядкові, передпосівні, провокаційні, освіжні, передпосадкові, підживлювальні, протизаморозкові, промивні.

Вологозарядкові поливи проводять в осінній чи ранній весняний періоди з метою створення запасів вологи в шарі 1.5 - 2.0 м. Норма поливу - 2000 м³/га і більш.

Передпосівний полив здійснюють для зволоження ґрунту й

одержання дружних і повних сходів, швидкого росту й розвитку сільськогосподарських культур у початковий період життя рослин. Норма поливу – 400-600 м³/га з урахуванням зволоження шару ґрунту 0.6-0.8 м.

Провокаційний полив проводять з метою проростання бур'янів, які потім знищують передпосівною культивацією. Поливи проводять восени після збирання врожаю чи ранньою весною перед посівом. Для провокаційних поливів вигідно застосовувати дощування з промочуванням ґрунту на 0.2.-0.3 м, нормою 200-300 м³/га.

Освіжні поливи проводять нормами 50-100 м³/га з метою підвищення вологості і зниження температури приземного шару повітря, поліпшення умов фотосинтезу рослин.

Передпосадковий полив здійснюють нормою 200-250 м³/га, відносять до висадження розсади для забезпечення її приживлюваності.

Підживлювальні поливи нормою 100 -200 м³/га призначені для внесення з поливною водою живильних речовин у ґрунт.

Протизаморозкові поливи проводять дощуванням з нормою 50-100 м³/га при ранніх осінніх і пізніх весняних заморозках для запобігання сільськогосподарських культур від переохолодження.

Промивні поливи проводять в осінній чи осінньо-зимовий періоди з метою видалення з ґрунтів надлишку водорозчинних солей. Промивні поливи виконуються великими нормами – 2-6 тис. м³/га і більш [1, 2].

Зрошувальна і поливна норми

Обчисливши водоспоживання сільськогосподарської культури, можна з рівняння водного балансу поля визначити зрошувальну норму (м, м³/га):

$$M = E - \alpha P \pm \Delta W - W_{\text{гр}} + W_{\text{пот}}, \quad (2.8)$$

де позначення ті ж, що й у формулі 2.3.

Зрошувальна норма - кількість води, яку необхідно подати на 1 га за вегетаційний період для відновлення дефіциту вологи в розрахунковому шарі ґрунту і забезпечення проектного врожаю культури в умовах розрахункового року.

Складова рівняння водного балансу $W_{\text{гр}}$ визначає вертикальний водообмін між ґрунтовими водами. Цей об'єм можна врахувати коефіцієнтом підживлення ($K_{\text{п}}$), який залежить від залягання рівня ґрунтових вод, виду і фази розвитку культури, механічного складу ґрунтів і інших факторів і обчислюється, як частка від E . Значення коефіцієнту підживлення можна прийняти з табл.2.2. З обліком ($K_{\text{п}}$) рівняння для визначенню зрошувальної норми приймає вигляд:

$$M = K_{\text{ц}} E - \alpha P \pm \Delta W + W_{\text{пот}}. \quad (2.9)$$

Таблиця 2.2 - Зразкові значення коефіцієнтів, які враховують підживлення кореневого шару ґрунту ґрунтовими водами ($K_{\text{п}}$).

Глибина залягання рівня ґрунтових вод	Механічний склад ґрунтів і види культур					
	Легкі		Середні		Важкі	
	Польові	Овочеві	Польові	Овочеві	Польові	Овочеві
1.00 - 1.50	0.50	0.61	0.48	0.58	0.46	0.55
1.51 - 2.00	0.69	0.74	0.66	0.71	0.62	0.62
2.01 - 2.50	0.77	0.81	0.74	0.78	0.70	0.73
2.51 - 3.00	0.85	0.89	0.82	0.86	0.76	0.80
3.01 - 4.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	0.98

Якщо ґрунтові води мінералізовані і можливе засолення ґрунту, то їхній рівень необхідно понизити на таку глибину, при якій підживлення засоленими водами відбуватися не буде (при цьому $K_{\text{п}} = 1.0$).

Для визначення зрошувальної норми сільськогосподарських культур варто розглянути особливості розрахункового режиму зрошення і його відмінність від експлуатаційних режимів.

Експлуатаційні режими зрошення визначають потребу рослин у воді в кожний конкретний рік чи період з обліком господарських і природних умов цього року. Розрахунковий режим зрошення розробляють для проектування зрошувальної мережі і зв'язаних з нею споруд. Від обраного режиму зрошення залежать об'єми води і строки їхньої подачі на поля, витрати і розміри каналів, обсяги будівельних робіт і т.д.

Потреба рослин у воді в різні роки різна, тому розрахунковий режим зрошення вибрати важко. Його визначають для умов так названого розрахункового року, природні і господарські умови якого є вихідними даними для проектування.

Однак економічно невигідно вибирати розрахунковий рік з такими даними, щоб була 100 %-на забезпеченість поливною водою будь-якого року в період проектного терміну служби зрошувальної системи. Відсоток забезпеченості розрахункового року є важливою характеристикою розрахункового режиму зрошення. Чим вище цей відсоток, тим більше число років буде забезпечено необхідною кількістю поливної води, але буде потрібна велика пропускна здатність каналів, більш дорогі споруди на них і в остаточному підсумку великі витрати коштів на будівництво й експлуатацію [3, 4].

Для економічного обґрунтування вибору року розрахункової забезпеченості проводять аналіз залежностей розрахункових ординат графіка водоподачі, врожайності сільськогосподарських культур, капітальних вкладень від метеорологічних умов року. При цьому основними показниками є економічний ефект від впровадження зрошення і терміни окупності будівництва зрошувальної системи.

Як показала практика найбільш обґрунтованими є метеорологічні дані року 75 %-ої забезпеченості.

Отриману зрошувальну норму необхідно подати на поле окремими нормованими поливами.

Поливна норма – об'єм води, подаваний на 1 га поля за один полив для підтримки оптимального водно-повітряного режиму в розрахунковому шарі ґрунту. Вона залежить від виду культури і фази її розвитку, потужності кореневого шару ґрунту і його водно-фізичних властивостей, вмісту солей у ґрунті, кліматичних і гідрогеологічних умов, способу і техніки поливу.

Чим краще розвита коренева система рослини, тим більшу поливну норму потрібно подати. У важких за механічним складом ґрунтах поливна норма більше, ніж у більш легких. Поливну норму визначають за формулою:

$$m = W_{\max} - W_{\min}, \quad (2.10)$$

де m - поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\max}$ і $W_{\min}$ - запаси вологи в розрахунковому шарі ґрунту після і до поливу, $\text{м}^3/\text{га}$. Запаси вологи в ґрунті визначають за рівнянням:

$$W = 100\gamma H \beta, \quad (2.11)$$

де H - розрахунковий шар ґрунту, м ; γ - об'ємна маса розрахункового шару, $\text{т}/\text{м}^3$; β - вологість шару ґрунту, % від її сухої маси.

Більш наочно водно-повітряний режим описують розрахунки по визначенню запасів вологи в ґрунті в залежності від її шпаруватості. При цьому запаси вологи визначають за формулою:

$$W = A H \beta_A, \quad (2.12)$$

де A - шпаруватість ґрунту, % від об'єму ґрунту; β_A - вологість ґрунту в розрахунковому шарі, в % від шпаруватості.

При таких розрахунках, завжди відомо співвідношення води і повітря в ґрунті.

Розрахунковий шар ґрунту (H , м) визначається глибиною розвитку основної маси коренів рослини, і отже, фазою її розвитку, рівнем агротехніки, іншими умовами і складає для овочевих 0.3-0.7 м, для зернових культур і трав 0.7-1.0 м.

Прийнято вважати, що при поливі вологість у кореновому шарі ґрунту варто доводити до вологості, яка відповідає найменшій вологомісткості ($HВ$), тобто до тієї кількості вологи, яку може удержати даний шар ґрунту. При подачі більшої кількості надлишки води профільтруються в більш глибокі шари ґрунту. Завищення поливних норм приводить до виносу елементів живлення рослин за кореневий шар ґрунту, підняття рівня ґрунтових вод, заболочуванню і засоленню ґрунтів, що знижує врожайність сільськогосподарських культур [1, 2, 4, 5].

Запаси вологи в ґрунті, які відповідають найменшій вологомісткості, визначають по залежностях:

$$W_{\max} = 100\gamma H\beta_{HВ} \quad \text{чи} \quad W = A H \beta_{A HВ}, \quad (2.13)$$

де $\beta_{HВ}$ і $\beta_{A HВ}$ - вологості ґрунту, які відповідають $HВ$, % від маси і шпаруватості ґрунтів.

Для кожної рослини існує свій мінімально припустимий поріг вологості $\beta_{\min}$, при зниженні до якого рослини перестають нарощувати продуктивну масу і формувати врожай. Мінімальний поріг вологості залежить від самої рослини, її біологічної природи, періоду вегетації, вмісту солей у ґрунті, типу і виду ґрунтів. У практиці зрошення передполивну вологість приймають звичайно для вологолюбних культур (овочі, зернові, кормові) 75-85 %, для менш вимогливих до води (технічні, олійні культури) – 70-75 % від вологості, яка відповідає $HВ$.

Мінімальний запас вологи в ґрунті визначають по залежності:

$$W_{\min} = 100\gamma H\beta_{\min} \quad \text{чи} \quad W_{\min} = A H \beta_{A \min}, \quad (2.14)$$

де $\beta_{\min}$ і $\beta_{A \min}$ - перед поливні пороги вологості в шарі H , в % від вологості, яка відповідає $HВ$.

На засолених землях передполивний поріг вологості збільшують на 6-10%, особливо для рослин, на розвиток яких солі в ґрунті впливають найбільш негативно (овочі, бавовник, кормові культури й ін.).

Отже, полив варто здійснювати в той момент, коли запас вологи в ґрунті знизиться до мінімально припустимої величини, і доводити цей запас поливом треба до вологості, яка відповідає $HВ$; поливна норма ($\text{м}^3/\text{га}$) при цьому визначається по залежності:

$$m = 100\gamma H(\beta_{HB} - \beta_{\min}); m = AH(\beta_{AHB} - \beta_{A\min}), \quad (2.15)$$

Поливна норма залежить також від техніки і способу поливу. Так, при поверхневих поливах найменша поливна норма складає 400-600 м³/га, що обумовлено забезпеченням більш рівномірного зволоження зрошуваного поля.

При дощуванні відбувається більш рівномірний розподіл води по полю практично при будь-якій поливній нормі. Швидкість вбирання води в ґрунт при дощуванні значно нижче, ніж при поверхневому поливі, і щоб уникнути поверхневого змиву ґрунтів максимальні поливні норми звичайно встановлюють 500-700 м³/га.

При подачі поливних норм варто враховувати втрати води властиві будь-якому способу зрошення.

Полівний режим сільськогосподарських культур у сівозміні

Режим зрошення сільськогосподарських культур, які входять в сівозміну, повинний враховувати режими зрошення окремих культур, ґрунтові, гідрологічні й інші умови кожного поля сівозміни, умови організації праці в господарстві, проведення після поливних обробок, режим джерела зрошення. Зображують його у вигляді графіка режиму зрошення чи графіка гідромодуля. На графіку по осі абсцис відкладають час, а по осі ординат - розрахункові витрати (л/с) чи ординати гідромодуля (питома витрата води, л/с га).

Для складання графіка поливів сівозміни необхідно знати займані площі, строки і норми зрошення окремих культур, які входять у сівозміну. Витрату води, необхідну для поливу окремої культури (л/с), визначають за формулою:

$$Q = F_k m_k / 86.4t, \quad (2.16)$$

де F_k - площа сівозміни, зайнята даною культурою, га; m_k - норма поливу, м³/га; t - тривалість поливу, доба.

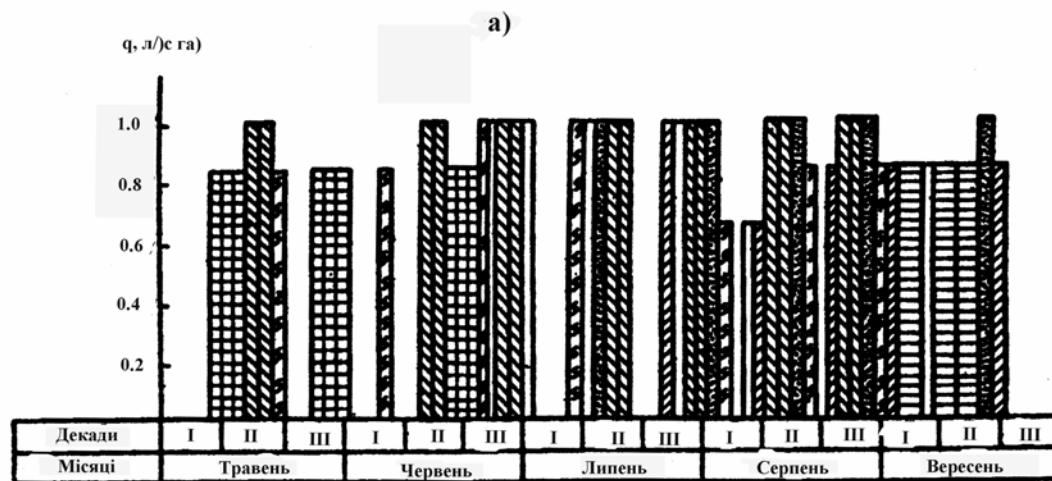
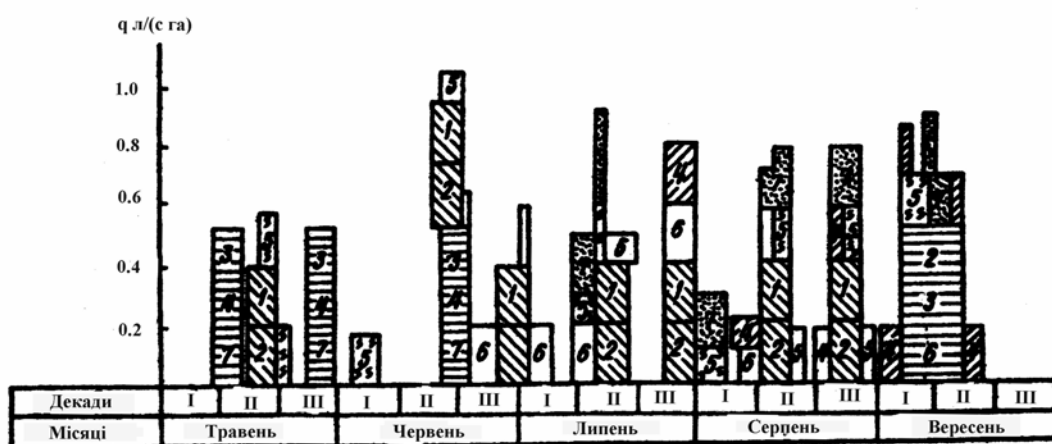
Згідно рекомендованим термінам і нормам поливів встановлюють витрати води на полив кожної культури. Якщо строки поливів збігаються, то витрати води підсумовуються. При підсумовуванні витрат води на окремі культури графік виходить нерівномірний (рис.2.4). Розраховувати зрошувальні канали по такому графіку режиму зрошення недоцільно. Його необхідно укомплектувати.

Для великого земельного масиву, коли відсутні конкретні дані по займаним окремими культурами площам, подача води встановлюється на один осереднений гектар сівозміни. Для цього треба знати склад культур,

частку площі, займаною культурою в сівозміні (α), і режим зрошення кожної культури. Витрату води, необхідну для зрошення культур на одному осередненому гектарі, називають гідромодулем і визначають за формулою:

$$q = \alpha m / 86.4t, \quad (2.17)$$

де q - ордината гідромодуля, л/с/га; m - поливна норма $\text{м}^3/\text{га}$; t - рекомендована тривалість поливу, доба. Підсумовуючи за часом ординати питомих витрат усіх культур, що входять у сівозміну, одержують неукмплектований графік гідромодуля.



б)

Рисунок 2.4 – Графіки водоподачі на сівозміну:

а) – неукмплектований; б) – укомплектований; 1, 2 – люцерна; 3, 4, 7 – озима пшениця; 5 – горох на зерно, пожнивно просо на зерно; 6 – пожнивно злаково-бобові; 8 – пожнивно на посів люцерни.

Графік режиму зрошення і графік гідромодуля сівозміни укомплектовують за рахунок переносу середньої дати поливу (звичайно на 2-5 доби), зміни тривалості поливу (у межах 3-10 діб) при дотриманні припустимої зміни тривалості межполивного періоду (не більше ніж на 3-4 дня). Укомплектування графіка поливу чи гідромодуля сівозміни може знизити максимальні ординати на 20-50 % і більш (рис.2.4).

При дощуванні графік поливу культур, які входять у сівозміну, ув'язують з витратою і продуктивністю дощувальних, машин і установок.

Для побудови графіка зрошення культур у сівозміні при дощуванні тривалість кожного поливу (t , діб) обчислюють по формулі:

$$t = mF_H / 86.4Q\beta K_{вр}, \quad (2.18)$$

де m - поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$; F_H - площа поля нетто, га; Q - витрата дощувальної машини (чи групи машин, що одночасно працюють на даному полі), л/с; β - коефіцієнт, який характеризує тривалість роботи машини за добу, $\beta = n / 24$ (де n - кількість годин роботи машини за добу); $K_{вр}$ - коефіцієнт корисного використання робочого часу машини за добу.

2.4 Водний баланс зрошуваної території

Для виявлення спрямованості ґрунтово-меліоративних процесів (засолення, розсолення, заболочування) і визначення кількості води, яку необхідно відвести зі зрошуваної площі за допомогою дренажу, використовують метод водного балансу, розроблений А.М.Костяковим. Водний баланс зрошуваної території показує сумарну зміну запасів води на розглянутій площі за визначений проміжок часу.

Водний баланс зрошуваної території описується рівнянням, яке містить у собі прибуткові і видаткові елементи:

$$\pm \Delta W = \underbrace{M_{бр} + P + G + V}_{\text{Приход}} - \underbrace{E_o - O_T - V_c}_{\text{Расход}}, \quad (2.19)$$

де ΔW - сумарна зміна запасів води в межах розглянутої території за розрахунковий період; $M_{бр}$ - зрошувальна норма бруто (з урахуванням усіх втрат); P - атмосферні опади; G - приплив ґрунтових вод; V - приплив поверхневих вод з сусідніх територій; E_o - випаровування вологи ґрунтом, водною поверхнею і транспірація рослин; O_T - відтік ґрунтових вод; V_c - стік поверхневих вод за межі зрошуваної території.

Якщо ΔW має від'ємне значення, то запаси води в розрахунковому

шарі ґрунту зменшуються і рівень ґрунтових вод знижується. Водний баланс формується за типом розсолення. Позитивне значення ΔW додається до первісного запасу вологи W (на початок розрахункового періоду). Якщо $\Delta W + W$ більше граничної польової вологомісткості ґрунту $W_{\text{ппв}}$ на величину ΔG , то ця різниця ΔG піде на поповнення ґрунтових вод і підвищення їхнього рівня на величину ΔH :

$$\Delta H = \frac{\Delta G}{10000\delta}, \quad (2.20)$$

де $\Delta G = \Delta W + W - W_{\text{ппв}}$ м³/га; δ - дефіцит заповнення ґрунту водою до повної вологомісткості, рівний 0.08-0.40 об'єму ґрунту.

Вивчення елементів водного балансу і їхньої зміни по роках і окремих характерних періодах протягом року (вегетаційний, осінньо-зимовий, промивний) дозволяє установити основні причини підйому рівня ґрунтових вод і визначити напрямок меліоративних заходів щодо поліпшення гідрогеологічного режиму зрошуваної території. Якщо мінералізовані ґрунтові води мають незначний відтік, а комплекс фізичних, біологічних, хімічних і експлуатаційних заходів не забезпечує необхідного їхнього зниження, то відтік ґрунтових вод збільшують штучно шляхом дренажу [1, 2, 3, 4, 5].

2.5 Поняття оптимальності зволоження, виражене через водний баланс зрошувальної мережі

Вище було встановлено, що водоспоживання – це сумарне випаровування (витрата ґрунтової вологи через транспірацію рослин і випаровування з поверхні ґрунту і листів чи стебел рослин). Про споживання й ефективність використання води можна судити по коефіцієнтам транспірації, водоспоживання і сумарного випаровування.

Коефіцієнт транспірації – це кількість води (у м³), витрачене рослинами на утворення 1 т сухої речовини всієї рослини (стебла, листи, корені, зерно).

Коефіцієнт водоспоживання – це кількість води в м³, яка витрачається на випаровування з поверхні ґрунту і транспірацію для утворення 1 ц товарної продукції (зерна, плодів, фруктів).

Для визначення рівня оптимального зволоження запишемо рівняння водного балансу в умовах зрошувальних меліорацій:

$$P_1 + W_1' - W_2' + m = E' + Y', \quad (2.21)$$

де P_1 - опади; W_1 та W_2 - вологозапаси ґрунту при зрошенні на початок і

кінець межполивного періоду (при визначенні поливних норм у параграфі 2.3 ці величини виражають через $\beta_{\min}$ і $\beta_{\text{НВ}}$; m – кількість води, яка подається на зрошувану ділянку суші; E' та Y' – сумарне випаровування і сумарний стік при зрошенні.

Сумарне випаровування дорівнює:

$$E' = E_{\max} \left[1 + \left(\frac{P_1 + W'_1 - W'_2 + m}{E'_{\max}} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (2.22)$$

де $E'_{\max}$ – теоретично можливе випаровування в умовах зрошувальних меліорацій; n – параметр, який характеризує фізико-географічні умови формування випаровування і стоку, для рівнин $n=3$, для гірських територій $n=2$.

У практиці зрошення сільськогосподарських культур поливи призначають у моменти, коли вологозапаси в шарі ґрунту стають рівними деякому визначеному мінімуму зволоження, який є тією межею, при якій рослина починає випробувати недолік вологи. За мінімум звичайно приймають нижню межу доступності ґрунтової вологи для кореневої системи рослин – вологість розриву капілярних зв'язків $W_{\text{р.к}}$, тобто $W_{\min} > W_{\text{р.к}}$, чи виходячи з умови:

$$W'_1 = W'_2 = W_{\min}. \quad (2.23)$$

Поливна норма m_0 повинна відповідати заданому середньому для усього межполивного періоду рівню оптимального зволоження. При дотриманні умови (2.22) рівняння водного балансу для будь-якого рівня оптимальності приймає вигляд:

$$P_1 + m_0 = E_{\text{опт}} + Y_{\text{опт}}. \quad (2.24)$$

Рівняння (2.22) запишеться в загальному вигляді:

$$E_{\text{опт}} = E'_{\max} \left[1 + \left(\frac{P_1 + m_0}{E'_{\max}} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}. \quad (2.25)$$

Рівень оптимальності зволоження для різних культур і вимог

технологій їхнього оброблення може коливатися в широких межах

$$W_{p.k} \leq W_{opt} \leq W_{н.в}, \quad (2.26)$$

чи $V_{p.k} \leq V_{opt} \leq 1, \quad (2.27)$

де $W_{н.в}$ - найменша вологомісткість; $V_{opt} = \frac{W_{opt}}{W_{н.в}}$ - необхідний для даної

культури рівень оптимальності зволоження діяльного шару ґрунту.

Оптимальне водоспоживання рослини є сума запасів вологи і кількість зрошувальної води, яка обумовлює заданий оптимальний рівень зволоження діяльного ґрунтового шару протягом вегетаційного періоду оброблюваної культури. Така сума в даних кліматичних умовах є брутто-нормою водоспоживання, яка забезпечує оптимальне сумарне випаровування – нетто-норму водоспоживання й оптимальний стік (скидання) води зі зрошуваного поля. Іноді скидання частини ресурсів вологи необхідно для видалення з ґрунту надлишкової кількості розчинних солей.

Нетто-водоспоживання визначається за формулою:

$$E_{opt} = E'_{max} \left(1 + V_{opt}^{-nr} \right)^{-\frac{1}{n}}, \quad (2.28)$$

де γ - параметр, який залежить від водно-фізичних властивостей ґрунту, для легких ґрунтів $\gamma = 1.2 - 1.5$, для середніх ґрунтів $\gamma = 1.5 - 2.0$, для важких ґрунтів $\gamma = 2 - 4$.

Оптимальний стік можна одержати з рівняння водного балансу:

$$Y_{opt} = P_1 + W'_1 - W'_2 + m_o - E_{opt} = V_{opt}^{\gamma} E'_{max} - E_{opt}. \quad (2.29)$$

При цьому визначається коефіцієнт скидання:

$$\eta_{Y_{opt}} = \frac{Y_{opt}}{V_{opt}^{\gamma} E'_{max}} = 1 - \left(1 + V_{opt}^{nr} \right)^{-\frac{1}{n}}, \quad (2.30)$$

а також коефіцієнт корисного використання ресурсів вологи – коефіцієнт нетто-водоспоживання рівний:

$$\eta_{E_{\text{опт}}} = \frac{E_{\text{опт}}}{V_{\text{опт}}^r E'_{\text{max}}} = (1 + V_{\text{опт}}^{\text{nr}})^{-\frac{1}{n}}. \quad (2.31)$$

Значення коефіцієнтів η_E і η_Y приймаються в залежності від величин $V_{\text{опт}}$ і r по таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів η_E і η_Y

При $V_{\text{опт}}$ рівному	При r рівному						
	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	3.00
$\eta_{E_{\text{опт}}}$							
2.00	0.410	0.350	0.290	0.260	0.210	0.180	0.125
1.50	0.640	0.520	0.470	0.430	0.490	0.360	0.294
1.00	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793	0.793
0.90	0.842	0.851	0.860	0.867	0.875	0.883	0.897
0.85	0.865	0.877	0.889	0.891	0.911	0.922	0.945
0.80	0.887	0.903	0.918	0.928	0.940	0.946	0.959
0.70	0.920	0.937	0.952	0.962	0.975	0.986	1.000
0.60	0.950	0.965	0.970	0.999	1.000	1.000	1.000
$\eta_{Y_{\text{опт}}}$							
2.00	0.590	0.650	0.710	0.740	0.790	0.820	0.875
1.50	0.360	0.480	0.530	0.570	0.610	0.640	0.706
1.00	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207	0.207
0.90	0.158	0.149	0.140	0.133	0.125	0.117	0.103
0.85	0.135	0.123	0.111	0.109	0.089	0.078	0.055
0.80	0.113	0.097	0.082	0.072	0.060	0.054	0.041
0.70	0.080	0.063	0.048	0.038	0.025	0.014	0.000
0.60	0.050	0.035	0.030	0.002	0.000	0.000	0.000

3 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

3.1 Балансові розрахунки зрошувальних норм

Завдання № 1

Визначення зрошувальних норм

Як уже відзначалося вище, під зрошувальною нормою з точки зору водного балансу, розуміють різницю між дійсними ресурсами вологи ($H = P_1 + W_1 - W_2$) і необхідними для підтримки вологості кореневого шару ґрунту на заданому рівні оптимальності (H_o), тобто

$$m_o = H_o - H = E_{\max} (V_{\text{опт}}^r - V^r) = E_{\max} V_{\text{опт}}^r - P_1. \quad (3.1)$$

З огляду на нерівномірність розподілу величин V і $E_{\max}$ цю задачу необхідно вирішувати протягом вегетаційного періоду подекадно чи помісячно. Величини m_{oi} необхідно підсумовувати в часі наростаючим підсумком, визначаючи ординати інтегральної кривої на кінець кожного місяця всього теплого періоду року:

$$M_i = \sum m_{oi}. \quad (3.2)$$

Після цього будується інтегральна крива, по якій відповідно до періоду вегетації даної культури встановлюється зрошувальна норма M_{oi} (рис.3.1). Така робота виконується за кожний рік тривалого періоду спостережень.

У результаті для кожної культури складається свій варіаційний ряд гідромеліоративної норми, після статистичної обробки якого встановлюються норми будь-якої заданої забезпеченості. Для визначення середньої багаторічної зрошувальної норми $\overline{M}_t^{V_{\text{опт}}=1}$ при відсутності даних спостережень отримана формула для Одеської області:

$$\overline{M}_t^{V_{\text{опт}}=1} = (AV_{\text{опт}} + B)M_{V=V_{\text{III}}}^{V_{\text{опт}}=1} - C(1 - V_{\text{опт}}) + D, \quad (3.3)$$

де $V_{\text{опт}} = 1$ для періоду вегетації травень-серпень, мм (рис.3.2); A , B , C і D - параметри зв'язку, приведені в таблиці 3.1.

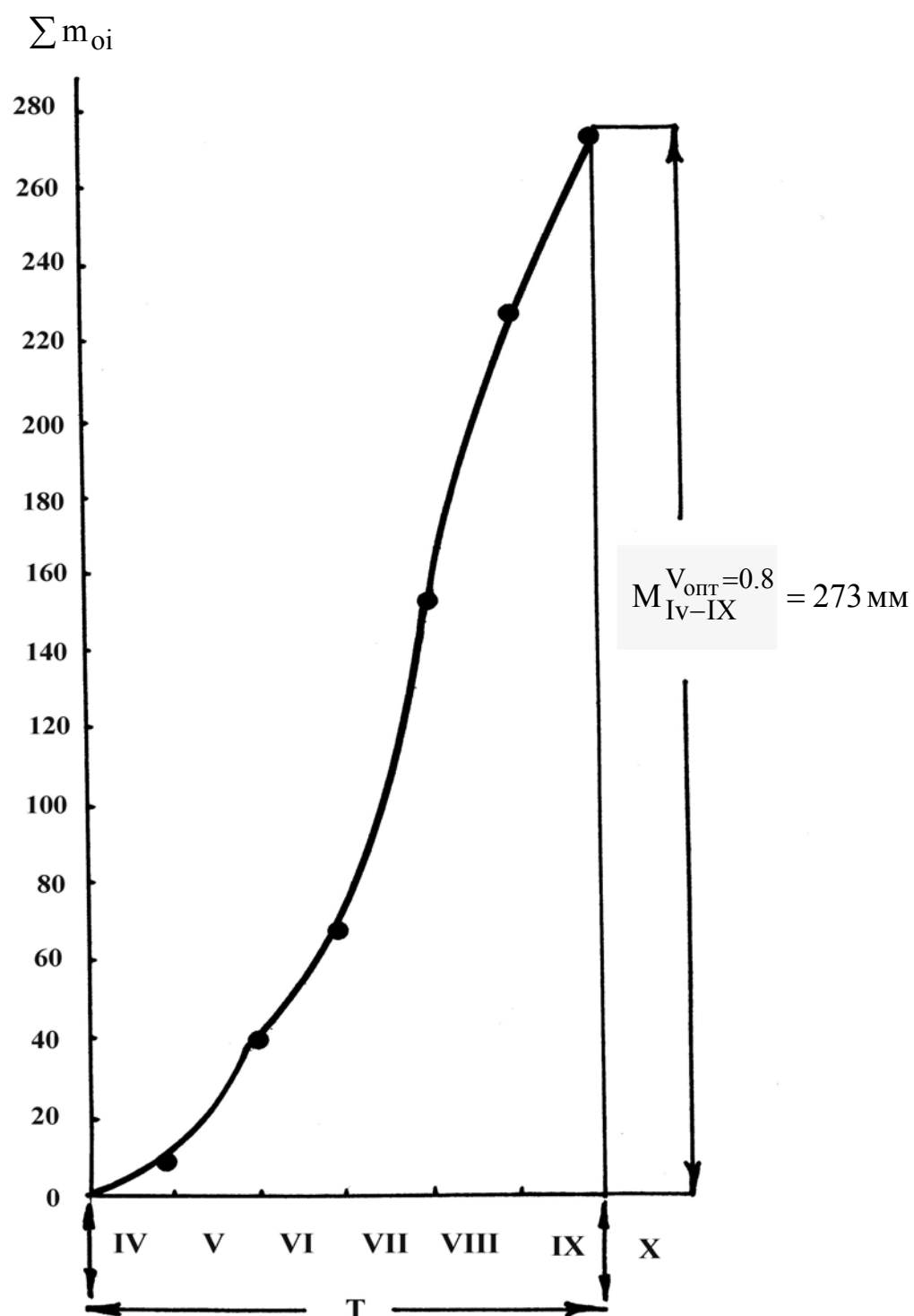


Рисунок 3.1 – Сумарна (інтегральна) крива дефіцитів зволоження

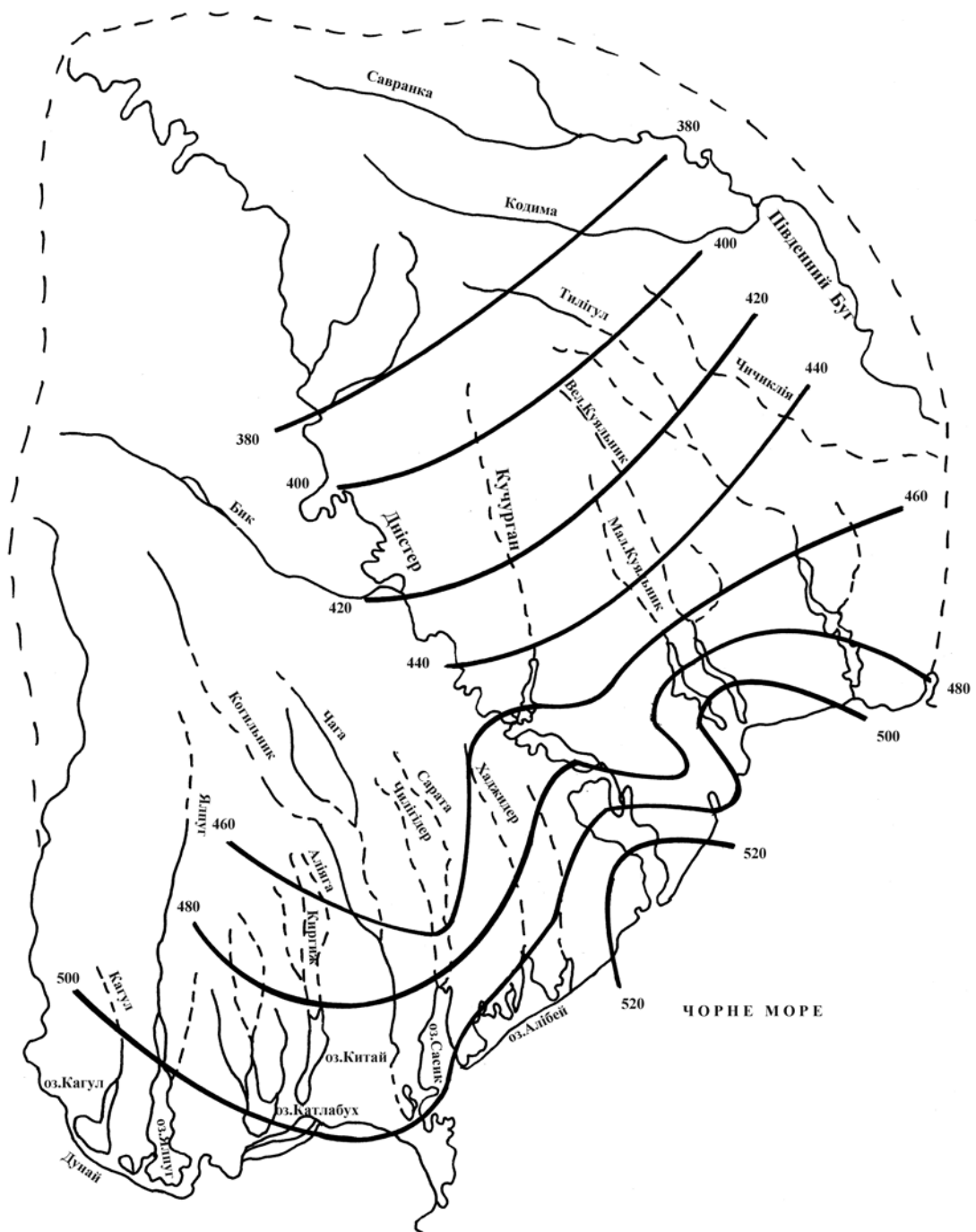


Рисунок 3.2 – Карта ізолій середніх багаторічних зрошувальних норм періоду травень – серпень за умови $V_0 = 1$ та $M_{V-VIII}^{V_t=1}$

Таблиця 3.1 - Параметри зв'язку

Період вегетації (місяці)	А	В	С	Д
IV-IV	0.36	0.30	400	192
IV-VII	0.79	0.22	420	200
IV-VIII	1.47	-0.30	520	104
IV-IX	1.36	0	610	146
V-VII	0.80	0	420	40
V-IX	1.47	0.23	610	8
VI-VII	0.36	0.26	440	32
VI-VIII	0.75	0.14	520	18
VI-IX	1.24	-0.16	480	14

Зрошувальні норми заданої розрахункової забезпеченості при відсутності щорічних, але при наявності середніх багаторічних величин $\overline{M}_t$ знаходять за допомогою коефіцієнта варіації:

$$C_{v\overline{M}_t} = \frac{100 V_{\text{опт}}}{\overline{M}_t}. \quad (3.4)$$

Коефіцієнт асиметрії зрошувальних норм дорівнює нулю ($C_{S_{\overline{M}_t}} = 0$), тому що розподіл ймовірностей дефіцитів зволоження практично підкоряється нормальному закону.

Зрошувальна норма заданої забезпеченості розраховується за формулою:

$$M_{tp\%} = \overline{M}_t (1 + \Phi_{p\%} C_{v\overline{M}_t}), \quad (3.5)$$

де $\Phi_{p\%}$ - нормовані відхилення від середини (табл.3.2).

Таблиця 3.2 - Значення параметра $\Phi_{p\%}$

P%	5	10	25	50	75	90	95
$\Phi_{p\%}$	1.64	1.28	0.67	0	-0.67	-1.28	-1.64

Ціль завдання: розрахувати водний баланс і визначити розміри водоспоживання зрошувальних норм для пункту _____

Порядок виконання роботи: Дано

- 1) місячні суми опадів P_1 (таблиця 3.3),
- 2) середня багаторічна температура повітря t^0 (табл.3.4),
- 3) середньомісячні дефіцити вологості повітря d_i (табл.3.5),
- 4) найменша вологомісткість метрового шару ґрунту $W_{н.в}=300$ мм.

Розрахунки виконують у такій послідовності:

1. Використовуючи дані табл.3.3 і 3.4, обчислюють максимальне можливе випаровування за рік:

$$E_{\max r} = 12.4 \sum_{IV}^{XI} t_{\text{ср.мес}}^0 - 480, \quad (3.6)$$

де $\sum_{IV}^{XI} t_{\text{ср.мес}}^0$ сума середньомісячних температур повітря за квітень-листопад.

2. Розраховують внутрішньорічне максимально можливе випаровування:

$$E_{\max i} = E_{\max r} \frac{d_i}{\sum_{\text{год}} d_i}, \quad (3.7)$$

де d_i - середній за розрахунковий інтервал часу дефіцит вологості повітря;
 $\sum_{\text{год}} d_i$ - річна сума цих дефіцитів. Результати зводять у таблицю 3.6.

3. Підраховують величини $\alpha = 0.078$ і $B = 0.154$ для квітня;
 $\alpha = 0.094$ і $B = 0.259$.
4. Приймають орієнтоване значення вологості на початок квітня
 $V_{1/IV} = 0.855$.
5. Визначають значення Φ для квітня.
6. За значеннями $B = 0.154$, $\Phi = 0.933$, $r = 2.0$ по графіках (рис.3.3) знаходять $V_{\text{ср}} = 0.845$.
7. Обчислюють вологість ґрунту на кінець розрахункового інтервалу часу $V_2 = 2V_{\text{ср}} - V_1 = 0.835$, значення якого заносять у графу кінця квітня, тобто на початок травня.
8. Приймаючи V_1 на початок травня рівним V_2 на кінець квітня,

Таблиця 3.3 – Середні багаторічні опади з поправками до опадоміру P₁

Станція	Місяці												Σ P ₁	Σ P _{1зим}
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Любашівка	33	36	33	34	52	71	52	52	38	36	38	37	512	177
Затишшя	31	36	29	33	50	74	46	44	32	40	38	43	496	177
Сербка	39	36	34	35	42	72	47	45	30	37	38	44	499	191
Роздільна	31	36	29	33	50	72	45	44	32	39	37	43	491	176
Одеса, АМСГ	47	42	31	32	38	52	38	34	31	41	43	48	477	211
Білгород-Дністровський	41	38	30	31	39	64	39	34	27	29	39	47	458	195
Сарата	33	35	26	34	52	72	39	39	30	31	33	41	465	168
Приморське	40	36	27	28	34	56	35	35	25	27	36	45	419	184
Вилкове	41	38	31	33	38	51	37	37	28	42	44	52	469	206
Ізмаїл	38	37	34	35	52	57	46	46	31	33	37	45	479	191
Кагул	34	34	31	39	56	69	56	56	30	30	42	41	512	182
Тирасполь	30	32	24	36	47	72	52	52	36	34	38	44	493	168
Первомайськ	43	44	35	41	41	61	49	49	36	38	44	47	540	213
Татарбунари*														
Кілія*														
Арциз*														
Рені*														
Болград*														
Ширяєве*														
Ананьїв*														
Котовськ*														
Тарутине*														
Біляївка*														

Таблиця 3.4 – Середня багаторічна температура повітря, t °С

Станція	Місяці							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Любашівка	8.1	15.0	18.4	21.0	20.2	15.2	8.9	2.3
Затишшя	8.5	15.4	18.7	21.3	20.6	15.8	9.4	2.8
Сербка	8.8	15.7	19.6	22.6	21.4	16.2	9.9	3.6
Роздільна	8.9	15.6	19.5	22.1	21.2	16.2	10.1	3.6
Одеса, АМСГ	8.7	15.4	19.6	22.3	21.3	16.3	10.4	4.5
Білгород-Дністровський	9.2	16.1	20.4	22.9	22.0	17.4	11.6	5.4
Сарата	9.1	15.8	19.8	22.4	21.4	16.4	10.8	5.1
Приморське	8.3	14.9	19.6	22.4	21.6	17.3	11.9	6.1
Вилкове	9.5	15.8	20.0	22.4	21.6	17.1	11.8	6.5
Ізмаїл	10.2	16.3	20.1	22.9	22.0	17.6	11.8	5.8
Кагул	10.2	16.2	19.6	21.8	21.1	16.5	10.6	4.7
Тирасполь	9.7	16.2	19.5	22.0	21.0	16.2	10.3	4.2
Первомайськ	8.6	15.4	19.0	21.4	20.6	15.6	9.2	2.6
Татарбунари [*]								
Кілія [*]								
Арциз [*]								
Рені [*]								
Болград [*]								
Ширяєве [*]								
Ананьїв [*]								
Котовськ [*]								
Тарутине [*]								
Біляївка [*]								

Таблиця 3.5 – Середньомісячні та сумарні дефіцити вологості повітря d_i ГПа

Станція	Місяці												Σd_i
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Любашівка	0.5	0.6	1.2	4.6	7.5	9.4	11.1	10.5	6.7	3.0	1.0	0.6	56.7
Затишшя	0.6	0.6	1.4	4.7	7.5	9.5	11.7	10.7	7.0	3.0	1.0	0.6	58.3
Сербка	0.6	0.8	1.6	4.6	7.7	10.4	13.8	12.6	7.8	3.4	1.2	0.7	65.4
Роздільна	0.6	0.7	1.7	4.8	7.5	9.7	12.7	11.0	7.2	3.2	1.7	0.8	61.6
Одеса, АМСГ	0.6	0.8	1.6	4.0	6.6	9.3	12.4	11.0	6.7	3.3	1.3	0.8	58.4
Білгород-Дністровський	0.8	0.9	1.6	3.9	6.4	8.6	11.0	10.0	6.7	3.2	1.4	0.8	55.3
Сарата	0.8	1.0	1.9	4.5	7.0	9.3	11.8	11.0	7.2	3.5	1.6	0.8	60.4
Болград	0.8	1.1	2.2	5.0	7.6	9.9	12.8	12.0	7.7	3.9	1.6	1.0	65.6
Приморське	0.9	1.1	1.8	3.1	5.3	8.1	10.6	8.8	6.1	3.1	1.6	1.0	51.5
Вилкове	0.9	1.1	1.8	3.5	5.3	7.2	8.9	7.8	5.4	3.0	1.6	1.0	47.5
Ізмаїл	0.8	1.2	2.2	4.4	6.9	9.4	12.1	10.6	7.1	3.7	1.8	1.1	61.3
Кагул	0.8	1.1	2.3	5.5	7.8	9.2	10.9	10.7	7.4	3.9	1.7	0.9	62.2
Тирасполь	0.8	1.0	2.1	5.4	8.3	10.2	12.2	11.0	7.0	3.4	1.5	0.8	63.7
Первомайськ	0.6	0.7	1.4	5.0	7.9	10.2	11.8	11.8	11.5	7.1	3.1	1.1	60.7
Вознесенськ	0.8	1.0	1.9	5.3	8.6	11.0	13.2	12.6	7.9	3.7	1.5	0.9	68.4
Тилігуло-Березанка	0.6	0.8	1.4	4.2	6.8	9.9	12.2	12.1	7.3	3.3	1.2	0.7	60.5

Для метеостанцій і постів, які позначені * (табл.3.3 та 3.4) вихідні дані треба інтерполювати

Таблиця 3.6 – Розрахункова таблиця зволоженості території (грунт – суглинистий чорнозем, $r = 2.0$, $n = 3.0$)

Елементи розрахунку		Місяці							Рік	
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		XI-III
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Водний баланс										
P ₁ , мм		35	42	72	47	45	30	37	191	499
E _{max_i} , мм		69	116	156	207	187	117	51	80	983
a = $\frac{r}{r+1} \frac{P_1}{W_{H.B}}$		0.078	0.094	0.161	0.105	0.100	0.067	0.083	0.427	
B = $\frac{r}{r+1} \frac{E_o}{W_{H.B}}$		0.154	0.259	0.248	0.462	0.418	0.261	0.114	0.179	
I	V ₁ , V ₂	0.855	0.835	0.735	0.725	0.545	0.475	0.485	0.545	1.155
	Φ = V ₁ + a	0.933	0.925	0.906	0.830	0.645	0.542	0.568	0.972	
	V _{cp}	0.845	0.790	0.780	0.635	0.510	0.480	0.515	0.850	
II	V ₁ , V ₂	1.155	0.985	0.825	0.825	0.595	0.545	0.505	0.575	1.155
	Φ = V _i + α	1.233	1.079	0.986	0.930	0.695	0.612	0.588	1.002	
	V _{cp}	1.070	0.890	0.825	0.710	0.570	0.525	0.540	0.865	
H _i = P ₁ + W _{H.B} (V ₁ – V ₂)		85	90	72	116	60	42	16	17	499
V _{cp} ^r		1.145	0.792	0.680	0.504	0.325	0.276	0.292	0.748	
β _E		0.860	0.700	0.630	0.500	0.320	0.275	0.290	0.670	

Продовження таблиці 3.6

Елементи розрахунку	Місяці								Рік
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-III	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E_i = E_{\max_i} \beta_E$	59	81	98	104	60	32	15	54	484
Y	27	9	0	12	0	10	1	0	
2. Загальна потреба в воді									
$V_{\text{опт}}^r E_{\max_i} = 0.80^2 E_{\max_i}$ $= 0.64 E_{\max_i}$	44	74	100	132	119	75	33	51	628
3. Дефіцит зволоження									
$m_{oi} = V_{\text{опт}}^r E_{\max_i} - P_i$	32	28	85	74	45	-4	-140	122	
4. Ординати сумарної кривої									
$\sum m_{oi}$	9	41	69	154	228	273	269		

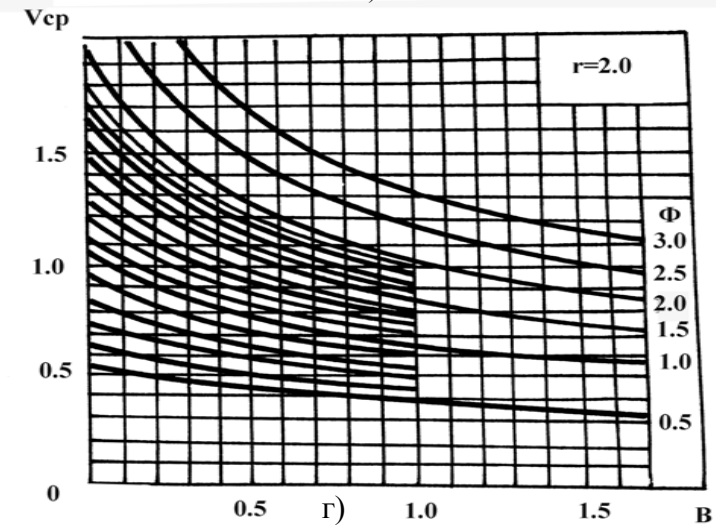
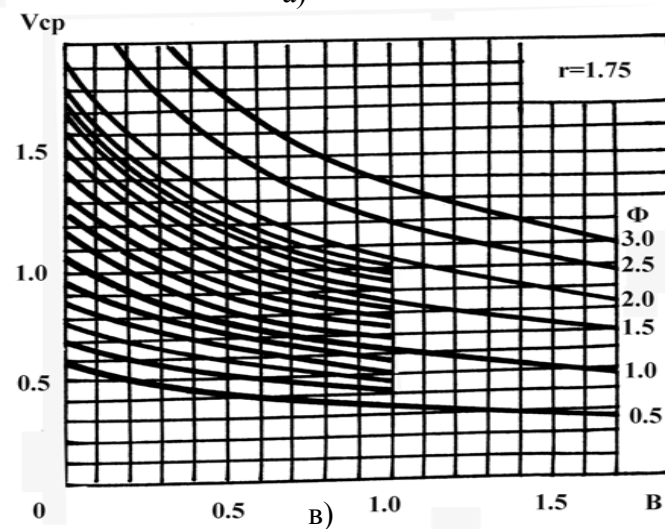
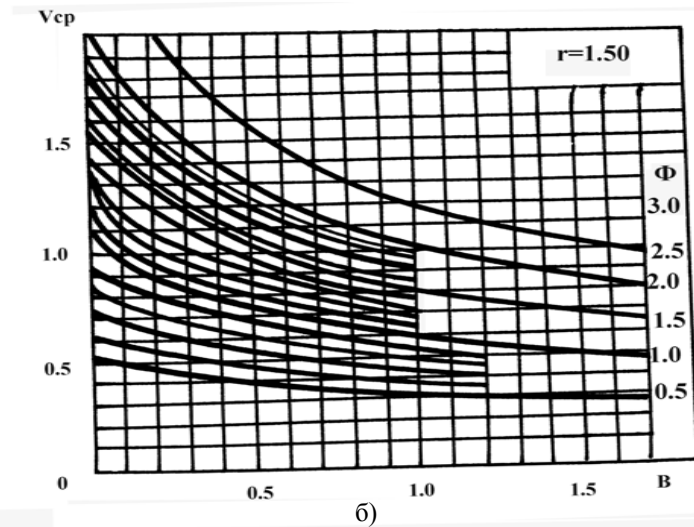
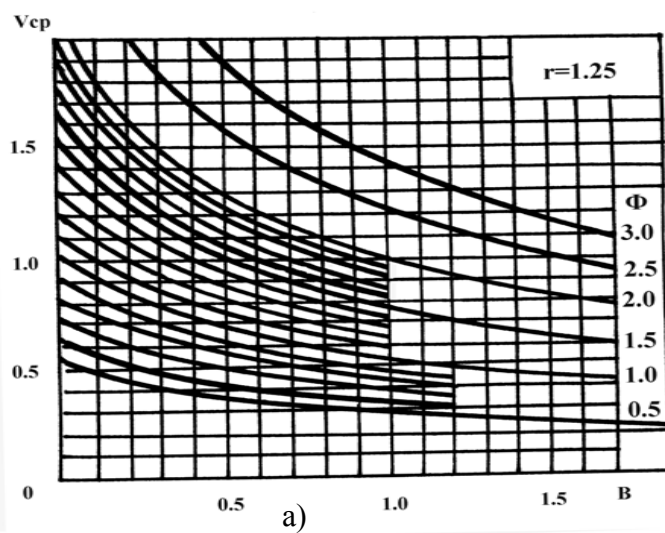


Рисунок 3.3 – Розрахункові графіки для визначення вологості ґрунту:
а) при $r=1.25$; б) при $r=1.50$; в) при $r=1.75$; г) при $r=2.00$

тобто $V_1 = 0.735$ і заносять у графу травня і т.д.

9. Якщо наприкінці розрахункового періоду (XI-III місяці), тобто наприкінці березня вийде вологість, яка відрізняється від $V_{1/IV} = 0.855$, то розрахунок повторюють (друге наближення), починаючи від $V_{1/IV} = 1.155$ доти, поки величина $V_{1/IV}$ не буде дорівнювати $V_{31/III}$ ($V_1 = 1.155$, $V_2 = 1.155$)
10. Якщо $V_1 = V_2$ (друге наближення), ресурси зволоження підраховують для кожного місяця $H_i = P_i + W_{н.в}(V_1 - V_2)$.
11. Величину $V_{ср}$ підносять до степеня r для другого наближення.
12. По величині $V_{ср}^r$ знаходять β_E (рис.3.4).
13. Обчислюють сумарне випаровування E_i для кожного місяця.
14. Річне значення сумарного випаровування розраховують по формулі:

$$E_r = E_{\max} \left[1 + \left(\frac{H}{E_{\max}} \right)^n \right]^{-\frac{1}{n}} = 983 \left[1 + \left(\frac{499}{983} \right)^{-3} \right]^{-\frac{1}{3}} = 484 \text{ мм/год (3.9)}$$

15. Величину стоку Y для кожного періоду знаходять як різницю

$$Y = H_i - E_i. \quad (3.10)$$

16. Загальну потребу у воді розраховують з вираження

$$V_{\text{опт}}^r E_{\max_i}. \quad (3.11)$$

17. Дефіцит (недолік) зволоження при заданому рівні оптимальності $V_{\text{опт}}$ для даної культури знаходять за формулою (3.1).
18. За даними дефіциту зволоження будують інтегральну (сумарну) криву (рис.3.1.)
19. По карті ізоліній (рис.3.2) знаходять середню багаторічну зрошувальну норму за період травень-серпень при $V_{\text{опт}} = 1$, рівну $M_{V_{\text{опт}}=1}^{V-VIII} = 380$ мм. По таблиці 3.1 за період вегетації IV-IX знаходять $A=1.36$, $B=0$, $C=420$, $D=40$. Тоді по формулі 3.3 визначають середню зрошувальну норму:

$$M_{IX}^{V_{\text{опт}}=0.80} = (1.36 \cdot 0.80) \cdot 380 - 420(1 - 0.80) + 40 = 290 \text{ мм}$$

При цьому помилка карти і формули складає

$$\delta \bar{M} = \frac{129 - 273}{273} 100 = 6.2\% .$$

20. Знаходять коефіцієнт варіації зрошувальної норми по формулі (3.4):

$$C_{V_{\bar{M}_t}} = \frac{100 \cdot 0.80}{290} = 0.276$$

Ймовірні значення зрошувальних норм у сухі роки приведені в таблиці.3.7.

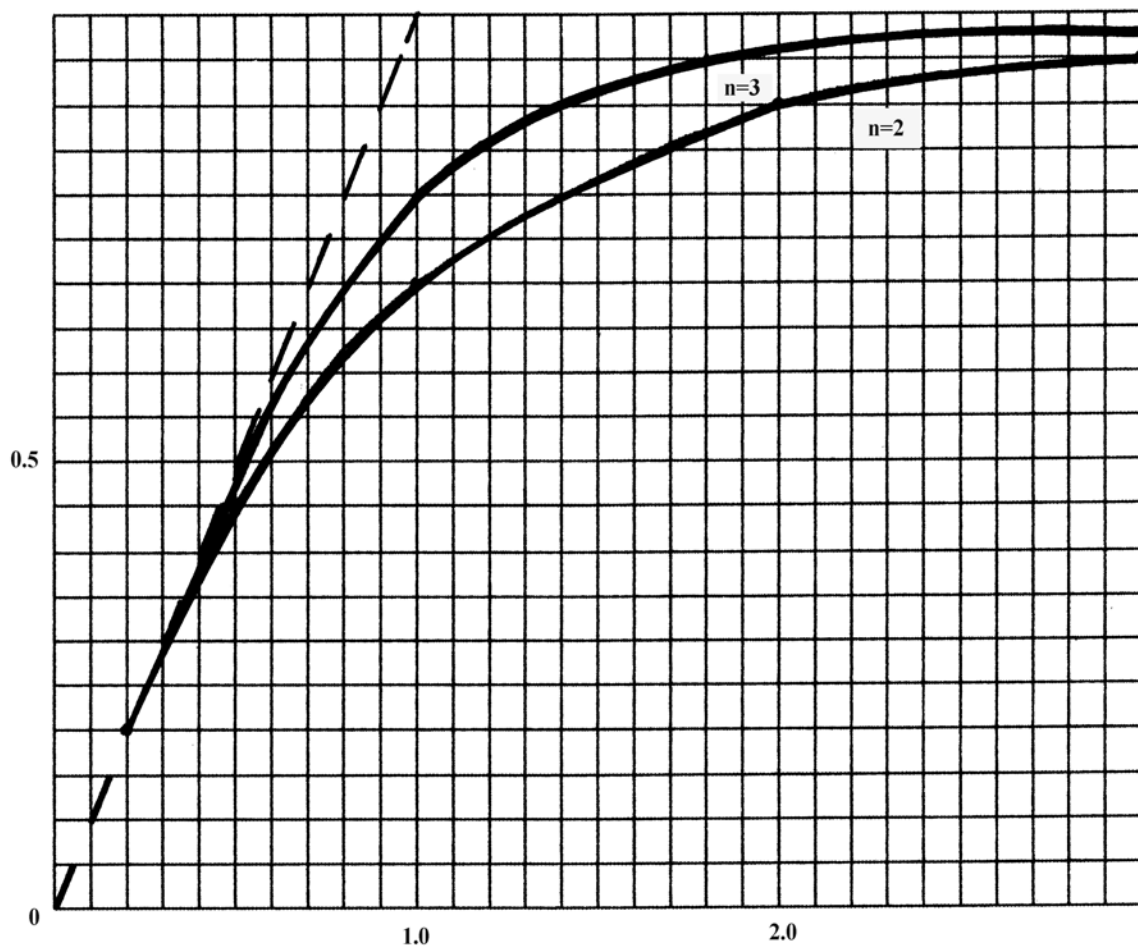


Рисунок 3.4 – Розрахункові графіки $\beta_E = V_{\text{ср}}^r$ при $n=2$ та $n=3$.

Таблиця 3.7 – Зрошувальні норми в вірогідні роки, мм

	Забезпеченість, %			
	5	10	25	50
Φ_p	1.64	1.28	0.67	0
$K_p = 1 + \Phi_p C_v$	1.45	1.35	1.08	1.0
$M_{p\%}$	420	390	310	290

3.2 Розрахунок поливних норм, числа і строків поливів

Завдання № 2 (контрольна робота)

Завдання виконується на підставі попереднього матеріалу.

Поливна бруutto-норма визначається за формулою:

$$m_{бр} = (r + 1) \frac{V_{опт} - V_{min}}{1 - \eta Y_{опт}} W_{н.в}, \quad (3.12)$$

де $m_{бр}$ - поливна бруutto-норма, мм; $W_{н.в}$ - найменша вологомiсткiсть розрахункової глибини промочування ґрунту, мм.

Поливна нетто-норма визначається за формулою:

$$m_{нет} = m_{бр} (1 - \eta Y_{опт}). \quad (3.13)$$

Розраховані по формулах (3.12) і (3.13) поливні норми в частках найменшої вологомiсткiсть в залежності від середнього за межполивний період потрібного рівня оптимальності $V_{опт}$, мінімально доступної вологості V_{min} і параметра r для різних за механічним складом ґрунтів приведені в табл.3.8 і 3.9.

Глибина промочування ґрунту призначається в залежності від розвитку кореневої системи.

Число поливів, устанoвлюється по середній за вегетаційний період поливній нормі:

$$N = \frac{M_{p\%}}{m_{бр}}. \quad (3.14)$$

Таблиця 3.8 – Значення величини $\frac{m_{бр}}{W_{н.в}}$ при $V_{min} = V_{рк}$

$V_{опт}$	Параметр r					
	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
1.0	1.546	1.302	1.150	1.047	0.972	0.913
0.90	1.187	0.918	0.741	0.612	0.503	0.416
0.80	0.871	0.589	0.395	0.249	0.128	0.026
0.70	0.596	0.301	0.092	0.000	0.000	0.000
0.60	0.341	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Таблиця 3.9 – Значення нетто-норми $\frac{m_{нет}}{W_{н.в}}$ при $V_{min} = V_{рк}$

$V_{опт}$	Параметр r					
	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
1.0	1.225	1.033	0.912	0.830	0.770	0.723
0.90	1.000	0.782	0.637	0.530	0.445	0.374
0.80	0.773	0.532	0.363	0.231	0.120	0.025
0.70	0.548	0.282	0.088	0.000	0.000	0.000
0.60	0.324	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Дати поливів визначають по сумарній кривій (рис.3.1) відповідно до поливних норм і передполивної вологості кореневого шару ґрунту.

Спосіб зрошення вибирають в залежності від кліматичних, ґрунтових, гідрогеологічних умов і біологічних особливостей розвитку кореневої системи рослин з обліком водогосподарчої й економічної забезпеченості господарства і району [4, 5].

Полівні норми, характерні для проектного режиму зрошення сільськогосподарських культур дощуванням, повинні подаватися з такою умовою, щоб на поверхні ґрунту не створювався суцільний шар води. При виконанні цієї умови запобігається утворення калюж і поверхневого стоку води по загальному ухилу поля. Як показник безнапірної водонепроникності ґрунтів можна використовувати комплексний параметр P' , який визначається по формулі:

$$P' = m_{бр} \sqrt{\rho e}^{0.5 d_0} = m_{бр} P^*, \quad (3.15)$$

де ρ - середня для конкретної дощувальної машини інтенсивність дощу, мм/хв; e – підстава натуральних логарифмів; d_o - оптимальний діаметр крапель дощу, рівний 1-3 мм.

У табл.3.10 приведені теоретичні значення показника P' при середніх значеннях величин ρ , d_o і для різних поливних брутто-норм.

Таблиця 3.10 – Значення параметра P'

Марка дощувальної машини	Середні значення			Значення параметра P' при $m_{бр}$, мм				
	ρ , мм/хвил	α_o , мм	P^*	20	30	40	50	60
ДШК – 64 Волжанка	0.28	2.20	0.72	14	22	29	36	43
ДМ – 454-100 Фрегат	0.30*	1.50	0.80	16	24	32	40	48
ДДА – 100 МА	2.50	1.50	1.27	25	38	51	64	76

За параметром P' ґрунти класифікуються в такий спосіб:

Безнапірна фільтрація при:

$P' < 10$ - дуже слабка, ґрунт – важка глина;

$10 < P' < 30$ - слабка, ґрунт – важкі суглинки;

$30 < P' < 60$ - середня, ґрунт – середні суглинки;

$60 < P' < 90$ - висока, ґрунт – легкі суглинки і супесі;

$P' < 90$ - дуже висока, ґрунт – піщаний.

Тривалість поливів дощуванням сільськогосподарських культур, оброблюваних у сівозміні, уточнюється при складанні укомплектованого для кожної дощувальної машини графіка поливу. Так, фактична тривалість одного поливу:

$$t_o = \frac{m_{бр} \omega}{3.6 Q n_o k_{см}}, \quad (3.16)$$

де ω - площа поля, зайнята даною культурою, га; Q – витрата дощувальної машини, л/с; n_o - час роботи машини на поливі протягом доби, година; $k_{см}$ - коефіцієнт використання робочого часу (змінний).

Всі елементи проектного поливного режиму (розрахункової забезпеченості), отримані по сумарних кривих дефіцитів зволоження для культур сівозміни з урахуванням прийнятого способу поливу і параметрів

використовуваної техніки, зводяться в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Проектний поливний режим (Р% забезпеченості)

Культура	Номер поливу	$m_{бр}$, м ³ /га	t_o , доба	Дата поливов			Фази розвитку культури
				Начальна	Середня	Кінцева	
	1						
	2						
	3						
	.						
	.						
	.						

Замість комплексного показника P' (формула 3.15), який характеризує оптимальну для даних ґрунтових умов структуру дощу, при виборі типу дощувальних установок і розробки поливного режиму можна використовувати криву інтенсивності вбирання $K_t = f(t)$, яка виражається залежністю:

$$K_t = K_o + \frac{A}{t^n}, \quad (3.17)$$

де K_o - коефіцієнт фільтрації (стала інтенсивність вбирання), вимірювана наприкінці тривалого періоду спостережень); A – параметр, який визначає характер зволоження, тип ґрунту, поверхню й інтенсивність дощу; t – тривалість дощу (дослід); n – показник редукції вбирання.

Зіставлення інтенсивності дощу ρ й інтенсивності вбирання K_t виконується по графіку (рис.3.5) і дає можливість зробити висновок, що при середній інтенсивності дощу різних дощувальних установок виходить різна тривалість поливу без утворення поверхневого стоку - t_1 , t_2 , t_3 (табл.3.12)

Тому фактична тривалість дощування t_{ϕ} різними машинами повинна бути не більш цих t_1 , t_2 , t_3 , тобто повинна виконуватися умова $t_i \geq t_{cp}$. Інакше кажучи, величина t_{ϕ} повинна визначатися по поливній нормі $m_{бр}$ і середній інтенсивності дощу ρ по формулі, хв:

$$t_{cp} \leq \frac{m_{бр}}{\rho}. \quad (3.18)$$

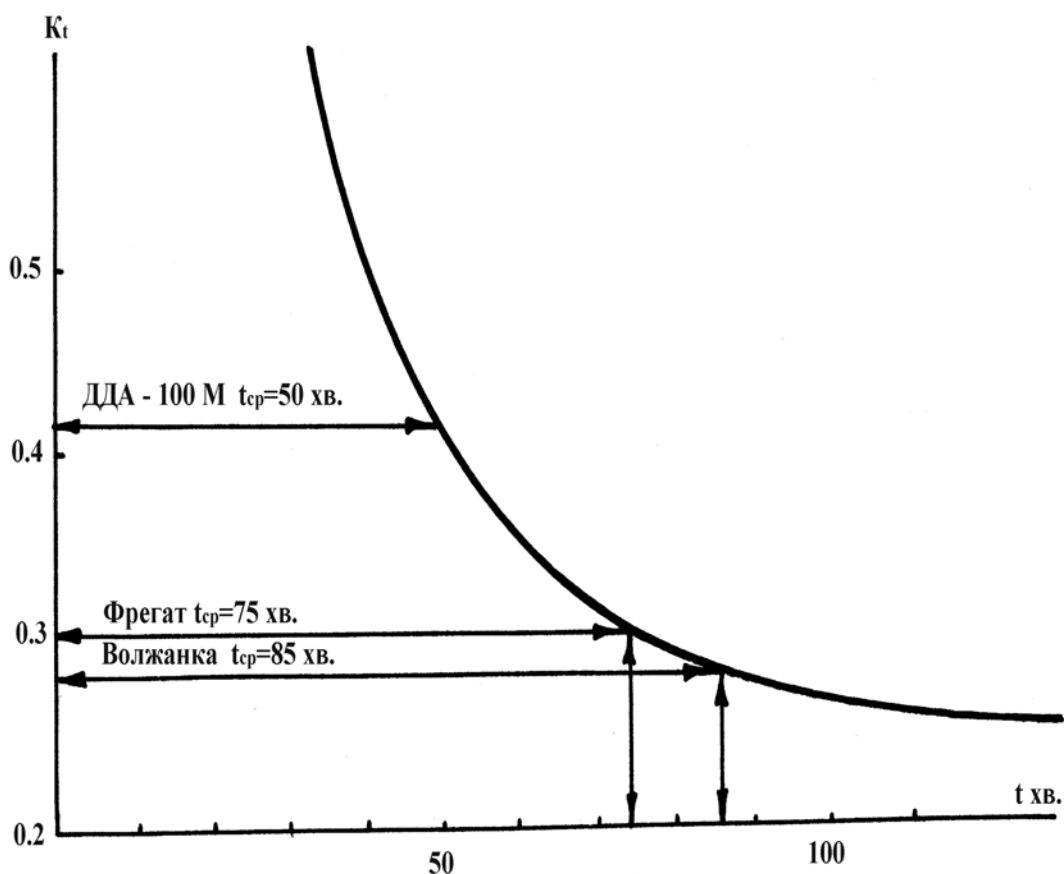


Рисунок 3.5 – Установлення тривалості поливу різними дощувальними машинами

Таблиця 3.12 – Тривалість дощу t_i , хвилини

Тип машини	ρ , мм/хвил	При $m_{\text{бр}}$, мм								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
ДДН-70	0.41	49	78	98	122	146	171	195	220	240
Фрегат	0.30	67	100	134	167	200	236	267	300	333
Волжанка	0.28	72	107	143	179	215	250	286	322	357

Студенту надається можливість проаналізувати і розробити поливний режим для конкретного типу дощувальних машин за аналогією з розглянутим прикладом.

Завдання № 3

Розрахунок режиму зрошення сільськогосподарської культури

Вихідні дані по опадам, температурі повітря і дефіцитам вологості повітря приймаються за завданням №1. Приклад розрахунку приведений нижче. Усі розрахунки варто звести в таблицю.

Завдання: установити недоспоживання, зрошувальну і поливні норми і строки поливів сільськогосподарської культури.

Вихідні дані: зрошувальна система знаходиться в районі м. Херсона. Метеорологічні дані розрахункового року 75%-ої забезпеченості за дефіцитом водного балансу приведені в табл.3.13 (рядки 2, 3, 13). Ґрунти ділянки, представлені темно-каштановими легкосуглинистими ґрунтами з об'ємною масою метрового шару $\gamma = 1.29 \text{ т/м}^3$, вологістю, яка відповідає найменшій вологомісткості $\beta_{\text{н.в}} = 19\%$. Вологість ґрунту на момент сівби (20.04) складає 16 % від маси ґрунту. Ґрунтові води з мінералізацією 3.5 г/л знаходяться на глибині 6 м. Розрахункова культура - кукурудза. Визначаємо недоспоживання кукурудзи від моменту сівби до сходів по залежностях:

$$E = K_o \sum_i d, \text{ мм} \quad (3.19)$$

$$E = K_6 \sum d \text{ до кінця вегетації,} \quad (3.20)$$

де K_o - коефіцієнт випаровування з незатемненої рослинами поверхні ґрунту, рівний у суху погоду 0.15 мм/мб, при випаданні опадів – 0.19 мм/мб; K_6 - коефіцієнт біологічної кривої, мм/мб; $\sum d$ - сума дефіцитів вологості повітря за декаду, мб. Розрахунок приведений у табл. 3.13. Отримане водоспоживання (рядок 10) покривається за рахунок підживлення кореневої системи вологою з нижче лежачих шарів ґрунту, опадів і штучної подачі води.

При заляганні ґрунтових, вод глибше 3 м від поверхні, відповідно до рекомендацій УкрНДІГіМа, коефіцієнт підживлення приймається в першу чверть вегетаційного періоду $K_{\text{п}} = 1.0$; у другу – 0.95; у третю – 0.90 і в останню – 0.85. Недолік вологи, який необхідно внести поливами, визначається як недоспоживання з урахуванням коефіцієнта підживлення за мінусом опадів (рядок 14). Сума обчислених дефіцитів складає зрошувальну норму. У даному випадку $M = 3020 \text{ м}^3/\text{га}$, чи 302 мм.

За даними останнього рядка таблиці 3.13 будуємо інтегральну криву дефіциту водного балансу поля, зайнятого кукурудзою (рис.3.6). Початок кривої повинен відповідати мінімально припустимому запасу вологи в розрахунковому шарі W_{min} .

Таблиця 3.13 – Визначення дефіциту водного балансу поля, що зайняте кукурудзою (за даними метеостанції м.Херсона для року 75%-ої забезпеченості)

№ п/п	Показник	Позна- чення	Кві- тень	Травень			Червень			Липень			Серпень		
			III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Періоди вегетації														
2	Дефіцит вологості повітря середньодобовий, мб	d	9.1	4.9	4.8	45	68	15.3	14.7	15.2	14.4	12.5	15.0	15.5	13.8
3	Температура повітря середньодобова	t				15	19	22	23	23	24	24	23	25	22
4	Розрахунковий період, доба	n	10	10	10	11	10	10	10	10	10	11	10	10	11
5	Сума t °C за розрахунковий період	t° n				167	193	215	234	229	240	263	227	254	242
6	Поправка на довжину світового дня	l	1.20	1.24	1.27	1.29	1.31	1.33	1.32	1.30	1.29	1.25	1.20	1.16	1.13
7	Сума t °n з поправкою на довжину світового дня	t °nl				216	252	286	309	297	309	328	272	294	271
8	Сума t °nl від моменту сходів	$\sum t^{\circ}nl$				216	468	754	1363	1660	1969	2297	2569	2863	3135
9	Коефіцієнт біологічної кривої	K _б	0.15	0.19	0.19	0.25	0.29	0.34	0.44	0.49	0.46	0.40	0.32	0.25	-
10	Водоспоживання за розрахунковий період, мм	E=K _б dn	13.7	9.3	9.1	12.4	19.7	55.4	64.7	74.5	66.2	55	48	38.3	-

Продовження таблиці 3.13

№ п/п	Показник	Позна- чення	Кві- тень	Травень			Червень			Липень			Серпень		
			III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
11	Поправка на підживлення нижче лежачих шарів ґрунту	K_n	1.0	1.0	1.0	0.95	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.85	0.85	-
12	Е з поправкою на підживлення з нижніх шарів	EK_n	13.7	9.30	9.10	11.8	18.7	52.6	61.4	67.0	59.6	49.5	43.2	32.9	-
13	Опади за розрахунковий період, мм	P	0.0	41.9	31.1	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10.9	10.3	0.5	0.0	-
14	Дефіцит водного балансу за розрахунковий період	$M = EK_n - P$	13.7	-32.6	-22.0	-20.3	18.7	52.6	61.4	67.0	48.7	39.2	42.7	32.9	-
15	Те ж саме з наростаючим підсумком	$\sum M$	14	-19	-41	-61	-42	10	71	138	127	226	269	302	-
Сума дефіцитів водного балансу $M = 302.0 \text{ мм} = 3020 \text{ м}^3/\text{га}$															

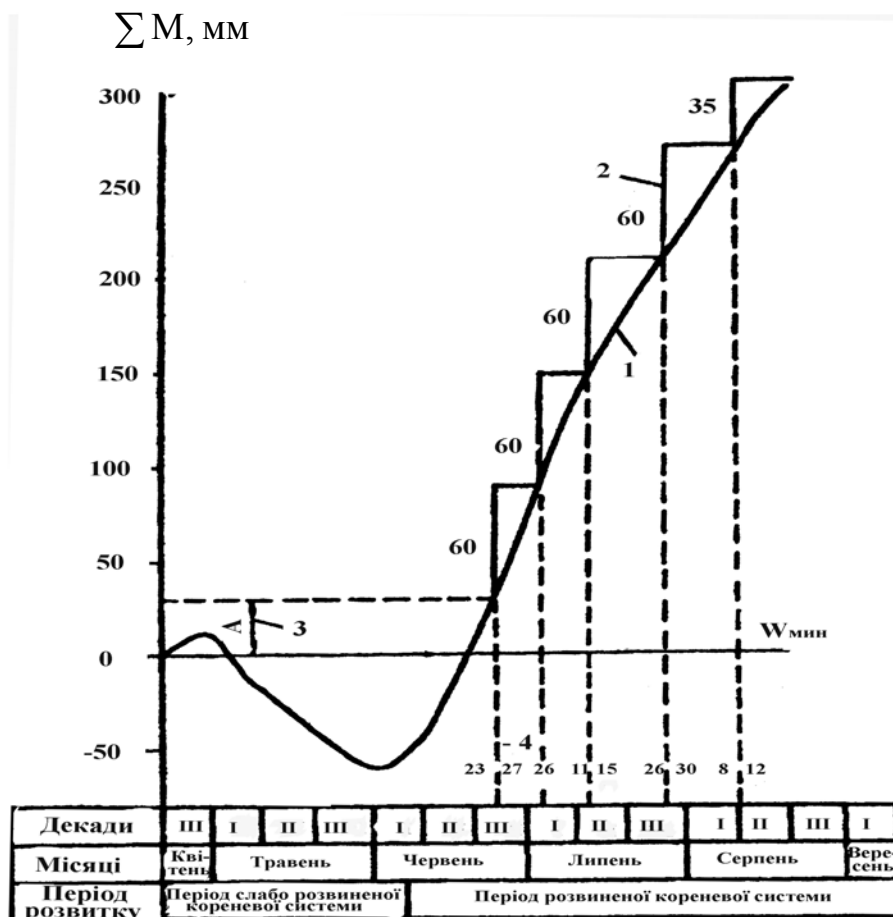


Рисунок 3.6 – Графік уточнення термінів і норм поливу кукурудзи за дефіцитом водного балансу:

1 – інтегральна крива дефіцитів водного балансу; 2 – поливні норми; 3 – вихідний продуктивний запас вологи; 4- терміни поливу.

Обчислені необхідні об'єми води варто внести поливами, норму яких визначаємо по залежності:

$$m = 100N\gamma(\beta_{н.в} - \beta_{min}) \text{ м}^3/\text{га}. \quad (3.21)$$

Приймаємо $\beta_{min} = 75\% \beta_{н.в}$. Підставивши інші значення, приведені у вихідних даних, одержимо $m = 100 \cdot 1.0 \cdot 1.29(19 - 0.75 \cdot 19) = 610 \text{ м}^3/\text{га}$. Округляємо до $600 \text{ м}^3/\text{га}$.

Строки поливів і їхню кількість установлюємо по тій же кривій дефіцитів водного балансу. Перший полив призначаємо на момент, коли з ґрунту випарувався продуктивний запас вологи, який визначається по формулі:

$$A = 100N\gamma(\beta_{\text{исх}} - \beta_{\text{min}}) = 100 \cdot 1.0 \cdot 1.29(16.5 - 0.75 \cdot 19) = 300 \text{ м}^3/\text{га}. \quad (3.22)$$

Середня дата першого поливу визначається як крапка перетинання інтегральної кривої і горизонтальної лінії, яка відповідає вихідному продуктивному запасу вологи (25.06). Полив необхідно почати на 2-3 дня раніше (23.06) і закінчити на 2-3 дня пізніше середньої дати (27.06). Як правило, тривалість поливу приймають 5 діб.

Величину поливної норми в обраному масштабі відкладають вгору у виді прямої лінії, від верха якої проводять горизонталь до перетинання з інтегральною кривою. Крапка перетинання показує середню дату другого поливу (04.07). Аналогічно встановлюють строки наступних поливів.

Норма останнього поливу 60 мм буде завищена, тому її варто зменшити до 35 мм. Цієї норми досить для покриття дефіцитів водного балансу по інтегральній кривій. Строки початку і кінця кожного поливу виписуємо під інтегральною кривою дефіциту водного балансу (рис.3.6).

4 ПРОГНОЗУВАННЯ ВОДНОГО РЕЖИМУ ОСУШУВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

4.1 Водно-балансові розрахунки

Водний режим на меліорованих землях протягом року істотно змінюється і можливу його зміну необхідно встановлювати або прогнозувати заздалегідь, на стадії проектування. Прогнозування зміни вологозапасів у ґрунтах виконується для всіх сільськогосподарських культур, вирощуваних на осушуваних землях і для різних по вологості років. При встановленні потреби в додатковому зволоженні осушуваних земель водно-балансові розрахунки виконуються для середнього, сухого і гостро посушливого вегетаційних періодів із забезпеченістю (ймовірністю перевищення) по опадам 50, 75 і 90%, а по дефіцитам вологості повітря - відповідно 50, 25 і 10 %.

Для вегетаційного періоду розрахунок водного балансу кореневого шару ґрунту виконується по формулі:

$$\pm M = W_{\text{пр}} + N_{\text{э}} - E, \quad (4.1)$$

де M - показник водного балансу, $\text{м}^3/\text{га}$; при від'ємному його значенні ($-M$) у вегетаційний період буде спостерігатися дефіцит ґрунтової вологи і необхідно додаткове зволоження сезонною нормою M ; при позитивному значенні показника водного балансу в ґрунті буде надлишок вологи ($+M$), який необхідно відвести для підтримки в кореновому шарі ґрунту

припустимих запасів вологи; $W_{\text{пр}}$ - запас продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетаційного періоду, $\text{м}^3/\text{га}$; $N_{\text{э}}$ - ефективні опади за вегетаційний період, $\text{м}^3/\text{га}$, це та частина опадів, що надходить у ґрунт і збільшує запаси ґрунтової вологи; E - сумарне випаровування (недоспоживання) рослинами і ґрунтом за вегетаційний період, $\text{м}^3/\text{га}$.

Складові рівняння водного балансу визначаються в такий спосіб.

1. Запас продуктивної вологи в розрахунковому шарі ґрунту, $\text{м}^3/\text{га}$, на початок вегетаційного періоду обчислюють по формулі:

$$W_{\text{пр}} = p H_p (\gamma_{\text{нач}} - \gamma_{\text{min}}), \quad (4.2)$$

де p — шпаруватість (пористість) ґрунту, % від об'єму; H_p - потужність розрахункового (кореневого) шару ґрунту, м; приймається звичайно 1 м; $\gamma_{\text{нач}}$ та γ_{min} - середня по розрахунковому шару в % від повної вологомісткості ґрунту на початок вегетаційного періоду і найменша припустима у вегетаційний період. Значення $\gamma_{\text{нач}}$ та γ_{min} для торф'яних і мінеральних ґрунтів приведені в табл. 4.1.

2. Ефективні опади, $\text{м}^3/\text{га}$, за вегетаційний період визначають по формулі:

$$\begin{aligned} N_{\text{э}} &= 10(1 - s)h_p = 10k_{\text{и}}h_p, \\ 1 - s &= k_{\text{и}} \end{aligned} \quad (4.3)$$

де 10 – перехідний коефіцієнт від шару опадів у мм до об'єму води в $\text{м}^3/\text{га}$; 1 мм = $10 \text{ м}^3/\text{га}$; s – коефіцієнт стоку; $k_{\text{и}}$ - коефіцієнт використання опадів; h_p - розрахункові опади за вегетаційний період, мм.

3. Сумарне випаровування, $\text{м}^3/\text{га}$, за вегетаційний період на осушуваних землях України рекомендується визначати за формулою А.М.Яголя:

$$E = \alpha Y + n \sum D_p, \quad (4.4)$$

де α - коефіцієнт, який залежить від виду сільськогосподарських культур (табл. 4.2); Y – проектна врожайність сільськогосподарських культур, т/га; n – коефіцієнт, який залежить від середньої за вегетаційний період глибини залягання рівня ґрунтових вод H , (табл. 4.3); $\sum D_p$ - сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за вегетаційний період, мм.

Таблиця 4.1 – Припустима вологість торф'яних та мінеральних ґрунтів

Культури	Середня вологість в % від повної вологомісткості в шарі 0-100 см			
	Торф'яні ґрунти		Мінеральні ґрунти	
	На початок вегетації $T_{\text{нач}}$	Найменша припустима в літній період T_{min}	На початок вегетації $T_{\text{нач}}$	Найменша припустима в літній період T_{min}
Багаторічні трави	95	82	90	75
Зернові ярові	90	80	90	75
Зернові озими	90	75	90	75
Кукурудза і соняшник на силос	88	75	85	70
Кореневі коренеплоди, столові буряк та морква	90	78	90	78
Цукровий буряк	90	75	90	70
Капуста пізня, цибуля, томати	88	78	85	75
Картопля	88	75	85	70
Лен	90	80	90	75
Тютюн	88	75	88	75

На підставі водно-балансових розрахунків установлюють тип меліоративної системи і необхідну кількість води M на зволоження. Якщо для більшості сільськогосподарських культур величина M для середнього і сухого років від'ємна, то варто проектувати осушувально-зволожувальну систему двосторонньої дії. Якщо величина M – позитивна – осушувальну систему односторонньої дії. При значенні M , близькому до нуля, проектують осушувальну систему з попереджувальним шлюзуванням.

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта α

Культури	Основна продукція	Коефіцієнт α
Багаторічні трави	Сіно	187.5
Багаторічні трави	Зелена маса	50.7
Кукурудза	Те ж саме	19.2
Зернові ярові	Зерно	70.6
Зернові озимі	“ – “	70.6
Зернобобові	“ – “	100.8
Кормові коренеплоди	Коріння	24.6
Буряк цукровий	“ – “	46.0
Буряк столовий	“ – “	26.4
Капуста	Качани	36.3
Морква	Коріння	38.2
Картопля	Бульби	57.1
Томати	Плоди	24.3
Лен	Волокно + зерно	580

Таблиця 4.3 – Значення коефіцієнта n

$H, \text{ м}$	n
0.6	5.2
0.7	4.4
0.8	3.8
0.9	3.1
1.0	2.7
1.1	2.3

Завдання № 4

Розрахунок водного балансу кореневого шару ґрунту за вегетаційний період при меліорації земель

Завдання. Виконати розрахунок водного балансу для культур кормової сівозміни й установити необхідність зволоження осушуваних земель. Осушуваний масив знаходиться на заплавних слабо розкладених торф'яних землях у Рівенській області.

Розрахунок водного балансу виконуємо для середнього, сухого та гостро посушливого вегетаційних періодів по формулах, приведених вище.

1. Запас продуктивної вологи в розрахунковому шарі, $\text{м}^3/\text{га}$ на початок вегетаційного періоду розраховується по формулі:

$$W_{\text{пр}} = \rho H_p (\gamma_{\text{нач}} - \gamma_{\text{мін}}), \quad (4.5)$$

де ρ - шпаруватість ґрунту в % від об'єму, для слабо розкладених торфовищ приймаємо 90%; H_p - потужність розрахункового шару ґрунту, приймаємо 1м; $\gamma_{\text{нач}}$ та $\gamma_{\text{мін}}$ - середні по розрахунковому шару в % від повної вологомісткості вологості ґрунту на початок вегетаційного періоду і найменша припустима у вегетаційний період, приймаємо в залежності від сільськогосподарських культур по таблиці 4.1.

Розрахунок запасів продуктивної вологи зводимо в таблицю 4.4.

2.Ефективні опади, $\text{м}^3/\text{га}$, за вегетаційний період визначаємо по формулі:

$$N_{\text{э}} = 10k_{\text{и}} h_p, \quad (4.6)$$

де $k_{\text{и}}$ - коефіцієнт використання опадів; h_p - сума опадів за , мм.

Коефіцієнт використання опадів для зони Полісся і лісостепу України приймаємо в залежності від вологості року: для середнього року (50% забезпеченості по опадам) – 0.65, для сухого року (75% забезпеченості) – 0.70; для гостро посушливого року (90% забезпеченості) – 0.80.

Суму опадів за вегетаційний період (травень-вересень) по метеостанції Рівне для середнього по вологості року приймаємо 315 мм. Визначаємо суму опадів:

для сухого року - $h_p = 0.7h_{\text{ср}} = 0.7 \cdot 315 = 220.5$ мм;

для гостро посушливого року - $h_p = 0.4h_{\text{ср}} = 0.4 \cdot 315 = 126$ мм.

Розрахунок ефективних опадів також зводимо у таблицю 4.4.

3.Сумарне випаровування, $\text{м}^3/\text{га}$, за вегетаційний період на осушуваних землях України рекомендується визначати по формулі А.М.Яголя:

$$E = \alpha Y + n \sum D_p, \quad (4.7)$$

де α - коефіцієнт, який залежить від виду сільськогосподарських культур, приймаємо по таблиці 4.2; Y – проектна врожайність, т/га; n – коефіцієнт, який залежить від середньої за вегетаційний період глибини залягання рівня ґрунтових вод H , приймаємо по табл.4.3; $\sum D_p$ - сума середньодобових дефіцитів вологості повітря за вегетаційний період, мм. Для середнього по вологості року по метеостанції Рівне $\sum D_p = 730$ мм.

Суму дефіцитів вологості повітря обчислюємо по залежностях:

Таблиця 4.4 – Прибуткові елементи водного балансу

Культура	Р, %	Н _р , м	$\gamma_{\text{нач}}$, %	$\gamma_{\text{мин}}$, %	W _{пр} , м ³ /га	N _е , м ³ /га			W _{пр} + N _е , м ³ /га		
						Серед- ній рік	Посу- шливий рік	Гостро посуш- ливий рік	Серед- ній рік	Посу- шливий рік	Гостро посуш- ливий рік
Багаторічні трави	90	1.0	95	82	1170	2047.5	1543.5	1008.0	3217.5	2713.5	2178
Овес	90	1.0	90	80	900	2047.5	1543.5	1008.0	2947.5	2443.5	1908
Картопля	90	1.0	88	75	1170	2047.5	1543.5	1008.0	3217.5	2713.5	2178
Кормовий буряк	90	1.0	90	78	1080	2047.5	1543.5	1008.0	3127.5	2623.5	2088
Ячмінь	90	1.0	90	80	900	2047.5	1543.5	1008.0	2947.5	2443.5	1908

Таблиця 4.5 – Розрахунок сумарного водоспоживання сільськогосподарськими культурами

Культура	α	У, т/га	Н, м	n	Е, м ³ /га		
					Середній рік	Посуш- ливий рік	Гостро посуш- ливий рік
Багаторічні трави	187.5	6.0	0.7	4.4	4337	4818.8	5140
Овес	70.6	2.9	0.8	3.8	2978.7	3394.8	3672.2
Картопля	57.1	20.0	1.0	2.7	313	3408.6	3605.8
Кормовий буряк	24.6	65.0	1.0	2.7	3570	3865.6	4062.8
Ячмінь	70.6	3.2	0.8	3.8	2999.9	3416	3693.4

для сухого року $\sum D_p = 1.15 \sum D_{cp} = 1.15 \cdot 730 = 839.5$ мм;

для гостро посушливого року
 $\sum D_p = 1.25 \sum D_{cp} = 1.25 \cdot 730 = 912.5$ мм.

Розрахунок сумарного випаровування зводимо в таблицю 4.5.

4. Складаємо водний баланс кореневого шару ґрунту за вегетаційний період:

$$\pm M = W_{пр} + N_э - E. \quad (4.8)$$

Розрахунок зводимо в таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 – Водний баланс сільськогосподарських культур

Культури	W _{пр} + N _е , м ³ /га	Е, м ³ /га	М, м ³ /га	
			+	-
Середній рік				
Багаторічні трави	3217.5	4337		1119.5
Овес	2947.5	2978.7		31.2
Картопля	3217.5	3113	105.5	
Кормовий буряк	3127.5	3570		442.5
Ячмінь	2947.5	2999.9		52.4
Посушливий рік				
Багаторічні трави	2713.5	4818.8		2105.3
Овес	2443.5	3394.8		951.3
Картопля	2713.5	3408.6		695.1
Кормовий буряк	2623.5	3865.6		1242.1
Ячмінь	2443.5	3416		973
Гостро посушливий рік				
Багаторічні трави	2178	5140		2962
Овес	1908	3672.2		1764.2
Картопля	2178	3605.8		1427.8
Кормовий буряк	2088	4062.8		1974.8
Ячмінь	1908	3693.4		1785.4

З розрахунку видно, що не тільки в гостро посушливі, але навіть у сухі і середні за вологістю роки, для більшості сільськогосподарських культур величина M від'ємна, а це значить, що в ґрунті буде спостерігатися дефіцит вологи. Для вирощування високих і стійких врожаїв сільськогосподарських культур на таких заплавних землях необхідно проектувати не тільки осушувальну, але й осушувально-зрошувальну систему.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
З ДИСЦИПЛІНИ “МЕЛІОРАТИВНА ГІДРОЛОГІЯ”**

Укладач: доц.Кулібабін О.Г.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.Львівська, 15
