

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології»

Освітня програма «Водна інженерія та водні технології»
Освітній ступінь «Бакалавр»

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри водогосподарської інженерії

к.с.-г.н., доц. _____ Андрій ТКАЧУК
„_____” _____ 2026 р.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЗРОШЕННЯ В ТОВАРИСТВІ З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
"КРИВИЙРІГХАРЧОТОРГ" КРИВОРІЗЬКОГО РАЙОНУ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
(розрахунково-пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи)

Текст _____ стор.

Здобувач вищої освіти _____ Ярослав СЛАПИГІН

Керівник дипломного проекту
к. с.-г. н., доц. _____ Андрій ТКАЧУК

Дніпро – 2026

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Факультет водогосподарської інженерії та екології
 Кафедра водогосподарської інженерії
 Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
 Освітня програма «Водна інженерія та водні технології»
 Освітній ступінь «Бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ :
 Завідувач кафедри водогосподарської інженерії

к.с.-г.н., доц. Андрій ТКАЧУК
 « _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу здобувачу вищої освіти Ярославу СЛАПИГІН

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту Рациональне водокористування та підвищення ефективності зрошення в товариство з обмеженою відповідальністю "КРИВИЙРІГХАРЧОТОРГ" Криворізького району Дніпропетровської області.

керівник проекту _____ к.с.-г.н., доцент Ткачук Андрій Васильович _____,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» КВІТНЯ 2026 р. № 819

1. Строк подання роботи _____ 12 червня 2026 року _____
2. Вихідні дані до проекту: план ділянки зрошення, характеристика внутрішньогосподарської зрошувальної мережі, сівозміна, хімічний аналіз води.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) загальні відомості про масив зрошення, природні умови району зрошення, організація та планування водокористування на масиві зрошення, організація експлуатаційних заходів на масиві зрошення, організація ремонтних робіт при експлуатації масиву зрошення, охорона праці, оцінка впливу експлуатації ділянки зрошення на навколишнє середовище, визначення економічної ефективності експлуатації масиву зрошення
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) генплан ділянки зрошення; план ділянки зрошення; водогосподарський розрахунок, календарний графік поливів, календарний план поливів, насосна станція підкачки, оперативний план поливів, регулюючий басейн; структура експлуатаційних витрат, техніко-економічні показники проекту.

5. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Загальні відомості про масив зрошення	01.05.2026	
2.	Природні умови району зрошення	08.05.2026	
3.	Організація і планування водокористування на масиві зрошення	15.05.2026	
4.	Організація експлуатаційних заходів на масиві зрошення	22.05.2026	
5.	Організація ремонтних робіт на масиві зрошення	29.05.2026	
6.	Оцінка впливу масиву зрошення на навколишнє середовище	05.06.2026	
7.	Економічна ефективність водокористування	12.06.2026	
8.	Вступ, Висновки, Оформлення роботи	12.06.2026	
9.	Подача на перевірку	16.06.2026	

Студент _____ Ярослав СЛАПИГІН
(підпис)Керівник проекту _____ Андрій ТКАЧУК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота викладена на 119 сторінках друкованого тексту, містить 2 рисунки, 23 таблиці, 46 використаних літературних джерел та 4 додатки.

Ключові слова: зрошення сільськогосподарських культур, режим зрошення, водогосподарські розрахунки, календарне планування поливів, експлуатація зрошувальних систем, водокористування, насосні станції, меліоративні заходи.

Об'єктом дослідження є процес організації та раціонального використання водних ресурсів на зрошуваних сільськогосподарських землях.

Предметом дослідження є закономірності забезпечення сільськогосподарських культур вологою та тепловими ресурсами в роки з різним рівнем природного зволоження, а також вплив цих факторів на формування режимів зрошення.

Метою дипломного проєкту є обґрунтування організаційно-технологічних рішень щодо підвищення ефективності водокористування на масиві зрошення шляхом удосконалення режимів поливу та оптимізації експлуатації елементів зрошувальної системи.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- проведення аналізу природно-кліматичних умов території дослідження;
- виконання водогосподарських розрахунків для визначення потреб у зрошувальній воді;
- розробка календарного плану поливів для сільськогосподарських культур;
- організація та планування водокористування на масиві зрошення;
- розробка експлуатаційних заходів з підготовки зрошувальної мережі до поливного сезону та забезпечення її ефективної роботи впродовж вегетаційного періоду;
- обґрунтування заходів щодо підготовки зрошувальної мережі до зимового періоду;
- аналіз експлуатації насосної станції підкачування, дощувальної техніки та гідротехнічних споруд;

- розробка організаційних заходів щодо виконання ремонтних робіт, контролю їх якості, приймання та планування фінансування планово-попереджувальних ремонтів;

- оцінка економічної ефективності запропонованих технічних і організаційних рішень.

Методи дослідження. У роботі використано результати польових спостережень, аналітичні та розрахункові методи, математичне моделювання, а також методи статистичного аналізу для обробки та оцінки отриманих даних.

Отримані результати та їх наукова новизна полягають у дослідженні особливостей природного зволоження території, встановленні закономірностей зміни зрошувальних норм залежно від водозабезпеченості років, а також у вдосконаленні підходів до планування водокористування з урахуванням кліматичних умов регіону.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для вдосконалення експлуатації зрошувальних систем, підвищення ефективності використання водних ресурсів та зменшення експлуатаційних витрат.

Область застосування. Результати дипломного проєкту можуть бути використані під час організації водокористування та експлуатації зрошувальних систем у господарствах Криворізького району Дніпропетровської області, а також на інших територіях зі схожими природно-кліматичними умовами.

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАСИВ ЗРОШЕННЯ	11
1.1 Місцерозташування товариства	11
1.2 Сільськогосподарське використання зрошуваних земель.....	13
1.3 Технічний стан зрошувальної та колекторно-дренажної мережі.....	15
2 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ЗРОШЕННЯ.....	19
2.1 Геологічні та гідрогеологічні умови	19
2.2 Геоморфологічна характеристика.....	21
2.3 Кліматична характеристика.....	23
2.4 Характеристика ґрунтів.....	32
2.5 Джерело зрошення	35
3 ОРГАНІЗАЦІЯ І ПЛАНУВАННЯ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДІЛЯНЦІ ЗРОШЕННЯ.....	38
3.1 Вихідні дані для складання внутрішньогосподарського плану водокористування.....	38
3.2 Календарний графік поливів.....	40
3.3 Календарний план поливів	45
3.4 Оперативний план-графік проведення поливів і міжполивного обробітку ґрунту	49
3.5 План-замовлення на воду	52
3.6 Організація обліку води і политих площ в товаристві	53
3.7 Проведення плану водокористування в господарстві	54
3.8 Звітність про виконання плану водокористування	58
3.9 Основні показники внутрішньогосподарського плану водокористування ..	60

4	ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА МАСИВІ ЗРОШЕННЯ	61
4.1	Підготовка зрошувальної мережі до поливного періоду.....	61
4.2	Робота зрошувальної мережі в поливний період.....	62
4.3	Підготовка зрошувальної мережі до зимового періоду.....	64
4.4	Експлуатація дощувальної техніки та її технічне обслуговування	66
4.5	Експлуатація трубопровідної арматури	69
4.6	Експлуатація колекторно-дренажної мережі	70
5	ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ДІЛЯНЦІ ЗРОШЕННЯ	72
5.1	Організація ремонтних робіт.....	72
5.2	Ремонт закритої зрошувальної мережі і споруд на ній	74
5.3	Планування та фінансування заходів планово-попереджувальних ремонтів	76
6	ОЦІНКА ВПЛИВУ МАСИВУ ЗРОШЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	78
6.1	Ґрунтовий покрив	78
6.2	Поверхневі води	81
6.3	Підземні води	86
7	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВОДОКОРИСТУВАННЯ	88
7.1	Визначення сумарних щорічних меліоративних витрат	88
7.2	Економічна ефективність водокористування на ділянці зрошення	92
	ВИСНОВКИ	97
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	99
	ДОДАТКИ	105

ВСТУП

Полив земель є одним із визначальних факторів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва в районах із недостатнім та нестійким природним зволоженням. У сучасних умовах глобальних кліматичних змін, зростання частоти посух та підвищення ризиків деградації ґрунтів розвиток зрошення набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки держави. За даними міжнародних організацій, майже 40 % світового продовольства виробляється на зрошуваних землях, площа яких становить лише близько 17 % усіх орних земель світу [1].

Для України проблема ефективного використання меліорованих земель є особливо актуальною, оскільки значна частина сільськогосподарських угідь степової та лісостепової зон перебуває в умовах недостатнього природного зволоження. Унаслідок зміни клімату, збільшення тривалості бездощових періодів та підвищення середньорічних температур потреба у штучному зволоженні ґрунтів суттєво зростає [2].

Актуальність розвитку зрошення визначається також необхідністю реалізації Цілей сталого розвитку ООН, зокрема: Ціль 2 «Подолання голоду» – забезпечення сталого розвитку сільського господарства; Ціль 6 «Чиста вода та належні санітарні умови» – раціональне управління водними ресурсами; Ціль 12 «Відповідальне споживання та виробництво» – ефективне використання природних ресурсів; Ціль 13 «Пом'якшення наслідків зміни клімату» – адаптація аграрного сектору до кліматичних змін; Ціль 15 «Захист та відновлення екосистем суші» – запобігання деградації земель [3].

На державному рівні розвиток меліоративної галузі визначений одним із пріоритетних напрямів аграрної політики. Це підтверджується положеннями Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року, схваленої Кабінетом Міністрів України, яка передбачає відновлення та модернізацію меліоративної інфраструктури, підвищення ефективності водокористування, запровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій поливу та удосконалення управління

меліоративними системами [2]. Крім того, реалізуються заходи в межах Державної стратегії регіонального розвитку та програм відновлення зрошувальних систем у південних і центральних регіонах України [4].

Під час експлуатації існуючих зрошувальних систем уточненню підлягають режими зрошення, поливні норми, можливості розширення площ зрошення, проектні показники приросту врожайності, а також співвідношення між капітальними й експлуатаційними витратами залежно від природно-кліматичних умов [5].

Особливої уваги потребує проблема підтоплення та вторинного засолення зрошуваних земель. Унаслідок порушення режимів зрошення, недостатньої ефективності колекторно-дренажних мереж та впливу кліматичних факторів значні площі меліорованих земель зазнають деградаційних процесів. Це знижує продуктивність ґрунтів, погіршує екологічний стан територій і призводить до значних економічних збитків [6].

Рациональне використання земельних і водних ресурсів є необхідною умовою сталого розвитку аграрного сектору. Земля як основний засіб сільськогосподарського виробництва потребує науково обґрунтованого підходу до її використання, охорони та відновлення.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває вдосконалення експлуатації внутрішньогосподарських зрошувальних і колекторно-дренажних мереж, що забезпечують підтримання оптимального водного режиму ґрунтів, підвищення врожайності культур та екологічну безпеку меліорованих територій.

Метою дипломної роботи є розробка заходів щодо вдосконалення експлуатації внутрішньогосподарської зрошувальної та колекторно-дренажної мереж у товаристві з обмеженою відповідальністю «Кривийрігхарчоторг» Апостолівського району Дніпропетровської області.

Об'єктом дослідження є процес водокористування на зрошуваних землях.

Предметом дослідження є забезпеченість сільськогосподарських культур вологою та теплом у роки з різною природною зволоженістю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз організації та планування водокористування на масиві зрошення.
2. Розробити експлуатаційні заходи з підготовки зрошувальної мережі до поливного сезону.
3. Дослідити особливості роботи мережі в поливний період.
4. Розробити заходи з підготовки мережі до зимового періоду.
5. Проаналізувати експлуатацію насосної станції підкачування, дощувальної техніки та гідротехнічних споруд.
6. Обґрунтувати організацію ремонтних робіт і систему контролю їх якості.
7. Визначити заходи з техніки безпеки при проведенні ремонтно-експлуатаційних робіт.
8. Розрахувати сумарні щорічні витрати на експлуатацію внутрішньогосподарської зрошувальної та колекторно-дренажної мережі.
9. Визначити економічну ефективність запропонованих експлуатаційних заходів.

Практична значущість роботи полягає у можливості використання запропонованих заходів для підвищення ефективності експлуатації меліоративних систем, забезпечення раціонального використання водних ресурсів та підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАСИВ ЗРОШЕННЯ

1.1 Місцезорозташування товариства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Кривийрігхарчоторг» є сільськогосподарським підприємством, основним напрямом діяльності якого є виробництво продукції рослинництва. Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, зернобобових, олійних та кормових культур, що мають важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки регіону та формування сировинної бази агропромислового комплексу.

Виробнича діяльність підприємства здійснюється в умовах ризикованого землеробства, характерного для південного степового регіону України, де природне зволоження є недостатнім для стабільного отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим ефективне функціонування систем штучного зрошення є одним із ключових чинників забезпечення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

Зрошувані землі ТОВ «Кривийрігхарчоторг» розташовані в межах адміністративної території Апостолівської міської територіальної громади Криворізького району Дніпропетровської області [7]. Центральна садиба господарства знаходиться в селі Широчани. Територіальне розташування господарства визначається його близькістю до меж суміжних адміністративних районів та областей, що забезпечує зручні логістичні зв'язки з основними транспортними та виробничими центрами регіону.

Оглядову схему розташування масиву зрошення наведено на рисунку 1.1.

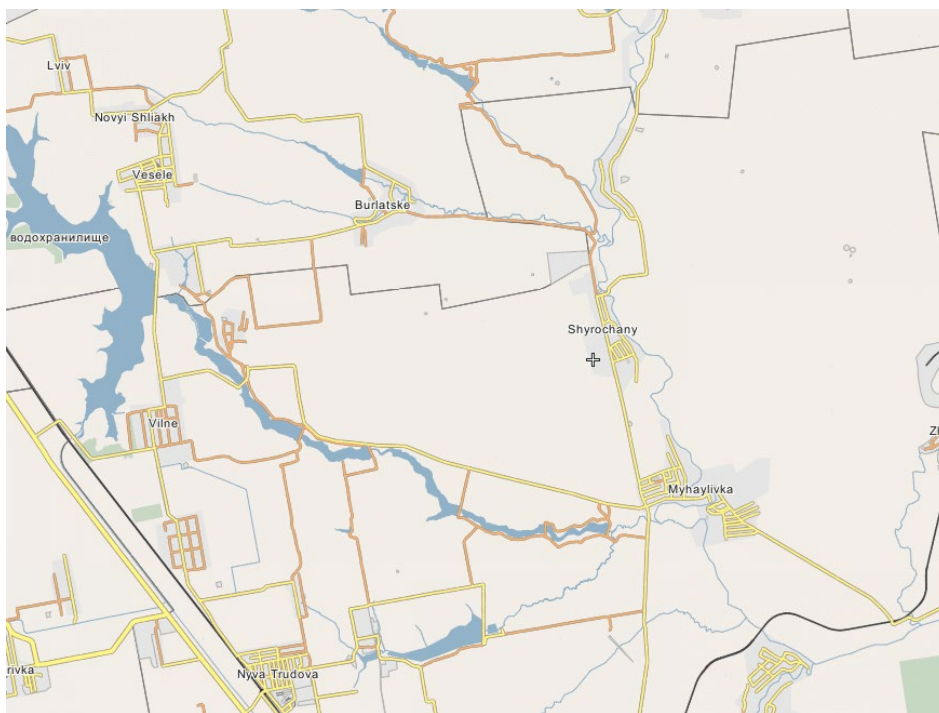


Рисунок 1.1 – Оглядова план-схема

Важливою перевагою розташування господарства є наявність розвиненої транспортної інфраструктури. Поблизу масиву зрошення проходять автомобільні дороги регіонального значення, що забезпечують ефективне транспортне сполучення з населеними пунктами області, об'єктами переробної промисловості, логістичними центрами та пунктами реалізації сільськогосподарської продукції.

Господарство функціонує в зоні інтенсивного аграрного освоєння території, де основними напрямками виробництва є рослинництво та тваринництво. Наявність поблизу великих промислових центрів, зокрема міст Дніпро, Кривий Ріг та Апостолове, створює сприятливі умови для забезпечення підприємства матеріально-технічними ресурсами, паливно-мастильними матеріалами, запасними частинами для дощувальної техніки та іншими виробничими ресурсами.

Ефективність ведення сільськогосподарського виробництва на досліджуваному масиві значною мірою залежить від комплексу природно-кліматичних чинників, серед яких визначальними є температурний режим, кількість і сезонний розподіл атмосферних опадів, вологозабезпеченість ґрунту, частота виникнення посушливих явищ та забезпеченість водними ресурсами.

У сучасних умовах кліматичних змін, що супроводжуються підвищенням температури повітря та зростанням тривалості посушливих періодів, особливого значення набуває раціональна організація експлуатації внутрішньогосподарської зрошувальної та колекторно-дренажної мережі. Саме ефективне управління меліоративною інфраструктурою є необхідною умовою забезпечення стабільної врожайності, підвищення економічної ефективності виробництва та збереження родючості ґрунтів.

1.2 Сільськогосподарське використання зрошуваних земель

Земельні ресурси є основою функціонування більшості галузей національної економіки, проте особливе значення вони мають для сільського господарства, де земля виступає не лише територіальною базою розміщення виробництва, а й головним засобом праці та основним природним ресурсом, від якого безпосередньо залежить ефективність виробничої діяльності.

На відміну від інших засобів виробництва, земля є унікальним і незамінним ресурсом, який за умови раціонального використання здатний не втрачати, а навпаки – підвищувати свої продуктивні властивості. Економічна ефективність сільськогосподарського виробництва визначається не лише площею земельних угідь, а насамперед рівнем їх родючості, ступенем меліоративного освоєння, забезпеченістю водними ресурсами та ефективністю застосування сучасних технологій обробки ґрунту.

В умовах степової зони України, де природне зволоження є недостатнім і нестійким, особливого значення набуває використання зрошення як основного засобу стабілізації водного режиму ґрунтів. Саме застосування штучного зволоження дозволяє мінімізувати негативний вплив посушливих явищ, підвищити врожайність сільськогосподарських культур та забезпечити більш ефективне використання земельного фонду [5].

З метою створення сприятливих умов для отримання стабільних і високих урожаїв сільськогосподарських культур у ТОВ «Кривийрігхарчоторг, функціонує внутрішньогосподарський зрошуваний масив загальною площею 654,8 га.

Створення та експлуатація зрошувальної системи на території господарства зумовлені природно-кліматичними особливостями регіону, зокрема недостатньою кількістю атмосферних опадів, високою інтенсивністю випаровування та частою повторюваністю посушливих періодів упродовж вегетаційного сезону.

Організаційно територія зрошуваного масиву поділена на сім полів, що забезпечує раціональне планування структури посівних площ, оптимізацію сівозмін, ефективний розподіл поливної води та створює сприятливі умови для проведення агротехнічних і меліоративних заходів.

Раціональна структура використання земельних угідь господарства формується з урахуванням спеціалізації підприємства, агротехнічних вимог до вирощування культур, економічної доцільності їх виробництва та необхідності збереження родючості ґрунтів.

Значну частку у структурі посівних площ займають кормові культури, серед яких важливе місце належить багаторічним травам, зокрема люцерні. На території зрошуваного масиву ТОВ «Кривийрігхарчоторг» 25,5 % загальної площі займає люцерна наступних років користування.

Таке співвідношення посівних площ є агрономічно обґрунтованим, оскільки вирощування люцерни забезпечує: покращення агрофізичних властивостей ґрунту; збагачення ґрунту біологічним азотом; підвищення вмісту органічної речовини; покращення водно-повітряного режиму ґрунту; створення сприятливих умов для вирощування наступних культур у сівозміні.

Крім того, люцерна характеризується високою кормовою цінністю та значною продуктивністю в умовах зрошення, що робить її важливою складовою виробничої структури господарства.

Ефективне використання земельних ресурсів на зрошуваному масиві передбачає не лише забезпечення необхідного рівня вологозабезпечення сільськогосподарських культур, а й дотримання науково обґрунтованих режимів

водокористування, своєчасне проведення експлуатаційних заходів на зрошувальній і колекторно-дренажній мережі, а також систематичний контроль за меліоративним станом ґрунтів.

Загальна характеристика структури використання сільськогосподарських зрошуваних земель товариства з обмеженою відповідальністю «Кривийрігхарчоторг» наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. – Загальна характеристика зрошуваних земель в товаристві

№ поля	Сільськогосподарська культура	Зрошувальна площа, га	Відсотковий розподіл с.-г. культур
1	Люцерна 2-го року життя	74,9	11,4
2	Люцерна 3-го року життя	92,5	14,1
3	Озима пшениця	92,5	14,1
	Просо на зерно		
4	Соя	106,2	16,2
5	Кукурудза на зерно	111,3	17,0
6	Кукурудза на силос	111,3	17,0
7	Озима пшениця + літній посів люцерни	66,1	10,2
Разом		654,8	100,0

1.3 Технічний стан зрошувальної та колекторно-дренажної мережі

Забезпечення оптимального водного режиму ґрунтів на зрошуваному масиві товариства з обмеженою відповідальністю «Кривийрігхарчоторг» здійснюється за допомогою сучасної внутрішньогосподарської зрошувальної системи, яка функціонує на основі механізованого підйому води з джерела зрошення та її подальшого транспортування до поливних ділянок.

Джерелом водозабезпечення зрошувального масиву є річка Кам'янка, з якої вода за допомогою насосного обладнання подається в систему зрошення для подальшого розподілу між поливними площами.

Технологічна схема водоподачі передбачає багатоступеневу систему транспортування води. На першому етапі вода із джерела зрошення надходить до регулюючого басейну РБ-4, який виконує функції акумулювання, вирівнювання подачі води та забезпечення стабільності роботи насосного обладнання. Після цього вода за допомогою насосної станції підкачування НСП-6 подається до закритої внутрішньогосподарської зрошувальної мережі.

Подальший розподіл води по поливних ділянках здійснюється через систему напірних трубопроводів до дощувальних машин кругової дії, що забезпечують рівномірне внесення поливної води відповідно до встановлених режимів зрошення.

На зрошуваному масиві застосовуються дощувальні машини кругової дії типу ДМУ «Фрегат», які характеризуються високою продуктивністю, рівномірністю поливу та можливістю автоматизованого регулювання режимів роботи.

Основу внутрішньогосподарської зрошувальної системи становить закрыта напірна трубопровідна мережа загальною протяжністю 7330 м.

Конструктивно мережа виконана із чавунних та азбестоцементних труб діаметром від 250 до 500 мм, що забезпечує необхідну пропускну здатність системи та підтримання нормативних параметрів тиску при роботі дощувальної техніки.

Для підтримання сприятливого меліоративного стану зрошуваних земель на території господарства функціонує колекторно-дренажна мережа, призначена для відведення надлишкових ґрунтових вод, попередження підтоплення та вторинного засолення ґрунтів.

Дренажна система побудована з поліетиленових труб діаметром 110 мм, які характеризуються корозійною стійкістю, довговічністю та високими експлуатаційними показниками.

Загальна протяжність колекторно-дренажної мережі становить 1830 м.

Особливе значення для забезпечення належного водно-сольового режиму має дренажна лінія Др-9, площа обслуговування якої складає 54,9 га. Її ефективне функціонування є важливою умовою попередження підйому рівня ґрунтових вод та збереження продуктивності сільськогосподарських угідь.

З метою забезпечення надійної та безперебійної роботи внутрішньогосподарської зрошувальної мережі на трубопроводах встановлено комплекс спеціального гідротехнічного обладнання.

До складу мережевої арматури входять:

- запірні засувки;
- регулювальні затвори;
- водовипуски;
- регулятори тиску;
- протиударні клапани-вантузи типу КВ-100;
- розподільчі колодязі;
- обмежувальні кільця;
- вузли гідропідживлення та внесення добрив.

Наявність зазначених елементів дозволяє:

- здійснювати оперативне регулювання подачі води;
- підтримувати нормативний тиск у мережі;
- запобігати виникненню гідравлічних ударів;
- забезпечувати видалення повітря з трубопроводів;
- підвищувати загальну експлуатаційну надійність системи.

Технічний стан зрошувальної та колекторно-дренажної мережі безпосередньо впливає на ефективність використання водних ресурсів, рівень енергетичних витрат та продуктивність зрошуваних земель.

Саме тому важливими умовами стабільної роботи системи є своєчасне проведення профілактичних оглядів, виконання планово-попереджувальних ремонтів, контроль технічного стану насосного обладнання, трубопроводів і дощувальних машин, а також дотримання встановлених режимів експлуатації.

Загальна технічна характеристика дощувальних машин кругової дії, що експлуатуються на масиві зрошення господарства, наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика дощувальних машин ДМУ “Фрегат” [8]

Модифікація машини	Кількість візків	Довжина машини, м	Загальна витрата води, л/с	Потрібний тиск води на вході в машину при нульовому похилі поля, МПа	Середня інтенсивність дощу за довжиною машини, мм/хв	Максимальна площа поливу при роботі на одній позиції при постійно включеному кінцевому апараті, га	Мінімальна поливна норма за один оберт машини при максимальній швидкості руху, м ³ /га	Мінімальний час одного оберт при мінімальній поливній нормі, год	Вага машини, т	
									без води	з водою
ДМУ-Б434-90	15	434	90	0,62	0,31	66,1	238	48,7	14,0	23,3
ДМУ-Б463-90	16	463	90	0,63	0,29	74,9	225	52,2	15,0	25,0
ДМУ-Б-518-90	18	518	90	0,64	0,26	92,5	205	58,5	16,8	28,2
ДМУ-Б572-90	20	572	90	0,66	0,24	111,3	189	65,0	18,6	31,3

2 ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ЗРОШЕННЯ

2.1 Геологічні та гідрогеологічні умови

У геоморфологічному відношенні територія експлуатації зрошуваного масиву ТОВ «Кривийрігхарчоторг» належить до акумулятивної рівнинної області степової зони України [9].

Рельєф місцевості переважно рівнинний, слабохвилястий, із незначним загальним похилом поверхні у напрямку з півночі на південь. Окремі ділянки характеризуються слабовираженою хвилястістю, що обумовлено особливостями формування сучасного рельєфу та впливом ерозійних процесів.

Степова рівнина розчленована системою балок, ярів та дрібних ерозійних форм, які сформувалися внаслідок тривалого впливу поверхневого стоку атмосферних вод.

Для території характерний розвиток водної ерозії, особливо на ділянках із порушеним рослинним покривом та недостатнім протиерозійним захистом. Процес ерозійного руйнування, як правило, розпочинається у верхніх частинах схилів у вигляді дрібних розмивів і борозен, які поступово поглиблюються та трансформуються в яружні форми рельєфу.

Наявність ерозійних процесів потребує врахування під час організації експлуатації зрошувальної системи, оскільки неправильне регулювання поливних норм може сприяти розвитку поверхневого змиву ґрунту та погіршенню меліоративного стану земель.

Умови поверхневого стоку та природної дренажності території в цілому оцінюються як задовільні.

Поблизу масиву зрошення розташована система балок, у межах яких створено штучні водойми (ставки), що виконують важливі господарські функції.

У геологічній будові території беруть участь кристалічні породи докембрійського фундаменту, продукти їх вивітрювання, а також осадові відклади кайнозойського віку, які перекривають нерівну поверхню кристалічної основи [9].

Глибина залягання кристалічного фундаменту змінюється залежно від локальних геоструктурних особливостей території.

Четвертинні відклади мають широке поширення як на вододільних ділянках, так і на схилах, у балках та пониженнях елементах рельєфу.

Переважаючими є еолово-делювіальні відклади, що утворюють суцільний покрив над червоно-бурими глинами [9].

Літологічна будова верхньої товщі представлена лесоподібними суглинками різного механічного складу.

Такі відклади характеризуються відносно високою пористістю, задовільною водопроникністю та значною здатністю до накопичення вологи, що є важливим фактором для ведення зрошуваного землеробства.

Загальна потужність четвертинних відкладів у межах досліджуваної території становить 12–18 м [9].

Гідрогеологічні умови масиву визначаються наявністю кількох водоносних горизонтів, що відрізняються глибиною залягання, потужністю та умовами живлення.

Регіональним водотривким шаром для першого від поверхні водоносного горизонту є товща червоно-бурих глин, яка обмежує вертикальну фільтрацію води та формує умови для накопичення ґрунтових вод у вищезалягаючих породах.

Глибше розташовані водоносні горизонти перекриті потужними глинистими відкладами, що забезпечують їхню ізоляцію від безпосереднього впливу поверхневих вод.

Найбільше практичне значення для оцінки меліоративного стану земель має водоносний горизонт, приурочений до еолово-делювіальних відкладів.

Цей горизонт поширений у межах вододільного плато та його схилів.

Водовмісними породами виступають лесоподібні суглинки, які характеризуються достатньою водоутримувальною здатністю.

Потужність водоносного горизонту змінюється в межах 1,0–6,5 м, а глибина залягання рівня ґрунтових вод становить 3,0–5,0 м [9].

Таке положення рівня ґрунтових вод вказує на відносно сприятливі умови для експлуатації зрошуваних земель. Водночас за порушення режимів водоподачі або недостатньо ефективної роботи колекторно-дренажної мережі існує ризик підняття рівня ґрунтових вод.

З огляду на зазначені природні умови, ефективна експлуатація зрошувальної та дренажної систем на досліджуваному масиві має здійснюватися з обов'язковим урахуванням геологічних і гідрогеологічних особливостей території, постійним контролем рівня ґрунтових вод та своєчасним проведенням меліоративних заходів.

2.2 Геоморфологічна характеристика

Рельєф території досліджуваного масиву зрошення характеризується як слабкохвилястий, із загалом вирівняною поверхнею, що є сприятливою умовою для організації штучного зрошення.

Поверхня масиву являє собою підвищену пологохвилясту рівнину з незначними перепадами висот, які не створюють суттєвих перешкод для експлуатації дощувальної техніки та функціонування внутрішньогосподарської зрошувальної мережі.

Абсолютні відмітки поверхні коливаються в межах від 116,5 м до 132,5 м над рівнем моря.

Максимальна відмітка зафіксована в північно-східній частині масиву, тоді як мінімальні позначки спостерігаються в його південно-західній частині, що визначає загальний напрям природного похилу території.

Середні абсолютні висоти місцевості становлять 150–200 м над рівнем моря, що відповідає геоморфологічним особливостям степового плато даного регіону.

Величина похилів поверхні на більшій частині території знаходиться в межах 0,004–0,020, що забезпечує сприятливі умови для рівномірного розподілу поливної води та ефективної роботи дощувальних машин.

На окремих локальних ділянках, переважно по периферії масиву, похили зростають до 0,030–0,050, однак ці значення не перевищують допустимих меж для експлуатації дощувальних систем кругової дії.

Через територію масиву в напрямку з північного сходу на південний захід проходить слабо виражена лінія вододілу, яка визначає особливості формування поверхневого стоку та локальний перерозподіл вологи.

Поверхня масиву не має виражених замкнених понижень, ярів, водотоків чи інших негативних форм мікрорельєфу, здатних ускладнювати експлуатацію зрошувальної мережі або спричиняти застій води.

Аналіз рельєфних умов свідчить про придатність території для ведення зрошувального землеробства.

Існуючі параметри поверхні забезпечують можливість ефективної роботи дощувальної техніки без необхідності проведення капітального планування території, що суттєво знижує витрати на експлуатацію та підтримання зрошувальної системи.

Разом із тим локальні нерівності поверхні потребують періодичного контролю для запобігання можливому порушенню рівномірності поливу.

Річкові долини та балки, розташовані поблизу масиву, мають добре сформований профіль.

У місцях виходу на денну поверхню кристалічних порід Українського щита їх схили набувають крутішого, місцями скелястого характеру.

Для таких форм рельєфу характерним є чергування розширених ділянок шириною 2–3 км із вузькими каньйоноподібними відрізками.

У руслах водотоків місцями спостерігаються перекати та пороги, що є типовою ознакою районів із близьким заляганням кристалічного фундаменту.

У плані масив зрошення має витягнуту з півночі на південь прямокутну конфігурацію.

Територія незначною мірою розчленована неглибокими балками, які не чинять суттєвого впливу на загальну організацію поливних площ, проте мають враховуватися під час планування експлуатаційних заходів та контролю поверхневого стоку.

Загальні похили території змінюються в межах 0,001–0,050, що свідчить про відносну геоморфологічну однорідність ділянки.

У геологічному відношенні територія масиву приурочена до південної частини Українського кристалічного щита [9].

Геологічний розріз представлений породами докембрійського фундаменту, глибина залягання яких досягає 50 м.

Кристалічні породи перекриті продуктами кори вивітрювання, представленими переважно первинними каолінами, а подекуди уламковим матеріалом типу дресви.

Поклади кори вивітрювання залягають на глибинах 5,5–18,0 м, що має важливе значення для формування фільтраційних властивостей ґрунтового профілю та умов водообміну в межах зрошуваного масиву.

Поєднання сприятливого рельєфу, помірних похилів та відносно однорідної геологічної будови створює передумови для стабільної експлуатації зрошувальної системи та забезпечення ефективного водокористування.

2.3 Кліматична характеристика

Територія ділянки зрошення ТОВ «Кривийрігхарчоторг» розташована в межах степової зони України та належить до району з помірно-континентальним кліматом [10].

Формування кліматичних умов відбувається під впливом активної атмосферної циркуляції, для якої характерним є переважання західного перенесення повітряних мас.

Клімат району характеризується жарким, посушливим літом, відносно м'якою малосніжною зимою, значними сезонними амплітудами температур та нестійким зволоженням [10, 11].

Однією з характерних особливостей клімату території є суттєва міжрічна мінливість погодних умов.

В окремі роки спостерігається відносно сприятливий рівень природного зволоження, проте значно частіше переважають посушливі та різко посушливі періоди, які супроводжуються суховіями, атмосферними посухами та підвищеним дефіцитом вологості повітря.

Такі кліматичні умови значною мірою визначають специфіку ведення сільськогосподарського виробництва та обумовлюють необхідність застосування штучного зрошення як основного засобу стабілізації водного режиму ґрунтів [10, 11].

У цілому клімат району можна охарактеризувати як сприятливий за тепло забезпеченням, але недостатньо забезпечений атмосферою вологою.

Поєднання високих температур повітря в літній період із дефіцитом опадів спричиняє значне зростання сумарного випаровування та збільшує потребу сільськогосподарських культур у поливній воді.

Кліматичний режим території формується під впливом повітряних мас різного походження.

У холодну пору року погодні умови значною мірою визначаються циклонічною діяльністю, пов'язаною з надходженням вологих атлантичних повітряних мас.

Саме їх вплив обумовлює часті зимові відлиги, нестійкий сніговий покрив та значні коливання температурного режиму.

Перехід до зимового періоду супроводжується вторгненням холодного арктичного повітря, яке може спричиняти короткочасні, але інтенсивні похолодання.

Для зимового сезону характерне чергування морозних періодів із відлигами, викликаними переміщенням циклонів із районів Атлантики, Середземного та Чорного морів [10, 11].

Весняний період відзначається нестійкістю погодних умов.

Навіть після встановлення позитивних середньодобових температур можливі повторні вторгнення холодного арктичного повітря, що нерідко спричиняє пізні весняні заморозки.

Ці явища мають важливе значення для сільськогосподарського виробництва, оскільки можуть негативно впливати на ранні сходи культур та строки початку польових робіт.

У літній період вплив арктичних повітряних мас значно послаблюється.

Переважаючий вплив здійснює Азорський антициклон, який формує тривалі періоди ясної, сухої та малохмарної погоди.

Унаслідок інтенсивного прогрівання земної поверхні відбувається значне підвищення температури повітря, зниження його відносної вологості та активізація суховійних процесів.

У цей період можливе виникнення: атмосферних посух; пилових бур; перегрівання поверхневого шару ґрунту; різкого збільшення водоспоживання рослин.

Наприкінці літа та в осінній період циркуляційні процеси поступово змінюються.

Послаблення впливу Азорського антициклону супроводжується активізацією циклонічної діяльності, збільшенням кількості похмурих днів, туманів та зростанням вологості повітря.

За багаторічними даними метеостанції Апостолове середньорічна температура повітря становить $+8,7^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури досягає $+38,5^{\circ}\text{C}$, а абсолютний мінімум – $-30,3^{\circ}\text{C}$ [11].

Такі значення свідчать про значну континентальність клімату та широкий діапазон температурних коливань протягом року.

Тривалість безморозного періоду становить у середньому 161 день, що створює сприятливі умови для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур.

Весняний перехід середньодобової температури повітря через 0°C у бік підвищення зазвичай спостерігається близько 14 березня, а через $+5^{\circ}\text{C}$ – близько 3 квітня [10, 11].

Восени зворотний перехід через $+5^{\circ}\text{C}$ відбувається орієнтовно 31 жовтня, а через 0°C – близько 26 листопада [10, 11].

Ці показники визначають тривалість активного вегетаційного періоду та мають важливе значення для планування строків сівби, проведення поливів і збирання врожаю.

Режим атмосферного зволоження характеризується недостатньою кількістю опадів та їх нерівномірним розподілом протягом року.

Середньорічна сума опадів становить 410–420 мм.

У посушливі роки (75 % забезпеченості) річна кількість опадів зменшується до близько 350 мм, а в дуже сухі роки (95 % забезпеченості) – до 300–330 мм [11].

Основна частина опадів припадає на теплий період року.

Проте навіть у цей час їх кількість часто є недостатньою для забезпечення оптимальних умов росту сільськогосподарських культур.

Літні опади мають переважно зливовий характер, характеризуються короткочасністю та високою інтенсивністю.

Через це значна частина води не встигає інфільтруватися в ґрунт і втрачається у вигляді поверхневого стоку або випаровування.

Шар разових опадів здебільшого не перевищує 5 мм, що практично не забезпечує ефективного поповнення запасів продуктивної вологи в кореневмісному шарі ґрунту.

Сніговий покрив на території нестійкий.

Його формування та тривалість залягання суттєво залежать від конкретних погодних умов зимового періоду.

Унаслідок частих відлиг, які нерідко супроводжуються дощами, сніговий покрив може неодноразово зникати протягом зимового сезону.

Нестійкість снігового покриву зменшує ефективність накопичення вологи в ґрунті та негативно впливає на водний баланс території.

Таким чином, кліматичні умови району експлуатації масиву зрошення характеризуються достатнім тепло забезпеченням, але вираженим дефіцитом природного зволоження.

Це обумовлює об'єктивну необхідність функціонування ефективної системи зрошення та ретельного планування режимів водокористування для забезпечення стабільної врожайності сільськогосподарських культур.

Таблиця 2.2 - Дати першого і останнього заморозків (за даними МС Апостолово)

Дата	Сама рання	Середня	Сама пізня
Останнього заморозку	24.03	12.04	10.05
Першого заморозку	25.09	20.10	20.11

Важливою складовою кліматичної характеристики території є особливості формування снігового покриву, які істотно впливають на водний баланс ґрунтів, накопичення запасів продуктивної вологи та умови перезимівлі озимих культур.

Дати появи та сходу снігового покриву, а також строки формування і руйнування стійкого снігового покриву на досліджуваній території наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Дати появи та сходу снігового покриву, утворення і руйнування стійкого снігового покриву (за даними метеостанції Апостолово) [10, 11].

Дата	Сама рання	Середня	Сама пізня
Поява снігового покриву	18.10	25.11	27.12
Утворення стійкого снігового покриву	25.11	27.12	-
Руйнування стійкого снігового покриву	-	4.03	27.03
Сходу покриву	14.02	20.03	07.04

Тривалість залягання снігового покриву становить у середньому близько 80 діб [10, 11].

Таблиця 2.1 - Кліматична характеристика (за даними метеостанції Апостолово) [10, 11]

Показник	Місяці												По сезонам		За рік
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	06-10	11-03	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Температура повітря, °С	-5,5	-4,1	0,8	9,1	16,0	19,6	21,3	20,6	15,4	8,4	2,5	-2,1	15,8	-1,7	8,5
мін: середня	-8,1	-7,6	-3,3	3,1	9,6	13,0	15,3	14,0	9,1	3,3	-1,3	-6,0			3,3
абсолютна	-33	-34	-27	-9	-2	3	8	5	-3	-18	-21	-26	-18	-34	-34
макс: середня	-2,4	-1,5	4,3	14,2	22,0	25,4	28,2	27,4	21,7	13,8	5,3	-0,4			13,2
абсолютна	13	15	23	30	34	38	39	40	35	31	24	16	31	40	40
Сума опадів:															
середня	45	34	30	40	43	63	55	41	39	36	40	47	317	196	513
максимальна	119	112	78	110	157	182	128	213	181	142	104	110			802
Висота снігового покриву															
середня	6	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3-9	5,5
максимальна	40	50	45	5	-	-	-	-	-	3	15	20	5	50	50
Відносна вологість, %	86	84	80	65	58	60	58	59	63	74	84	86	62	84	71
Абсолютна вологість, мб	4,2	4,2	5,2	7,4	10,4	14,0	15,5	14,6	11,3	8,4	6,6	5,0	11,7	5,0	8,9

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Середня швидкість вітру, м/с	4,7	4,7	4,8	4,2	4,1	3,4	3,3	3,1	3,0	3,7	4,2	4,4	3,5	4,6	4,0
Повторюва - ність вітрів по напрямкам, %															
Пн.	9	12	11	11	15	14	17	15	12	8	8	8	14	10	12
Пн .Сх.	13	10	9	13	16	15	9	11	13	13	16	16	13	12	13
Сх.	10	11	12	12	12	10	6	8	9	20	15	15	9	13	11
Пд. Сх.	15	18	13	15	10	11	5	7	11	18	19	19	10	17	12
Пд.	15	13	19	17	15	13	9	12	13	16	16	16	14	16	115
Пд. Зх.	13	12	11	10	10	9	8	7	13	9	8	8	9	12	10
Зх.	9	9	8	8	7	8	15	13	11	6	6	6	10	8	9
Пн. Зх.	16	15	17	14	15	20	31	27	18	10	12	12	21	14	18
Штиль	12	12	12	15	15	19	21	24	18	10	12	12	20	12	18

Сніготанення, як правило, розпочинається на початку березня, що сприяє поповненню запасів ґрунтової вологи перед початком весняного вегетаційного періоду.

Разом із тим нестійкість снігового покриву, часті зимові відлиги та нерівномірність його формування знижують ефективність природного зволоження ґрунтів.

Середня глибина промерзання ґрунту становить близько 50 см.

Цей показник має важливе практичне значення при плануванні строків проведення весняних польових робіт, оцінці стану озимих культур, а також під час експлуатації окремих елементів зрошувальної мережі в зимовий період.

Суттєвий вплив на водний режим території справляють показники вологості повітря.

Вологість повітря формується під впливом атмосферної циркуляції, температурного режиму та особливостей підстилаючої поверхні.

Для її характеристики використовують показники абсолютної та відносної вологості.

Абсолютна вологість повітря протягом року змінюється в широких межах – від 4–5 мб у зимові місяці до 14–15 мб у липні [10, 11].

Такі коливання зумовлені сезонними змінами температури та здатності повітря утримувати водяну пару.

Відносна вологість повітря також має виражену сезонну мінливість.

У зимовий період її значення досягають 90 %, тоді як у літні місяці знижуються до 56 %.

Найбільш несприятливі умови для розвитку сільськогосподарських культур спостерігаються саме в літній період, коли поєднання високих температур і низької відносної вологості повітря значно посилює процеси випаровування.

Показник дефіциту вологості повітря взимку становить у середньому 0,5 мб, а в липні досягає максимальних значень – близько 13 мб [10, 11].

Значний дефіцит вологості в теплий період року призводить до інтенсивного висушування верхніх шарів ґрунту та формує високий рівень транспіраційного навантаження на рослини.

За таких умов природного зволоження стає недостатньо для формування стабільної врожайності більшості сільськогосподарських культур, що обумовлює необхідність застосування зрошення.

Особливе значення для агрокліматичної оцінки території має вітровий режим.

Вітрові умови визначають інтенсивність випаровування, формування суховіїв, ерозійні процеси та впливають на ефективність роботи дощувальних машин.

Для досліджуваної території характерна чітко виражена сезонна зміна переважаючих напрямків вітру.

У теплий період року переважають вітри північно-східного напрямку, тоді як у холодний період домінують східні та південно-східні повітряні потоки.

Такі особливості циркуляції значною мірою визначають характер погодних умов та режим випаровування в різні пори року.

У літній період на території часто спостерігаються суховії – гарячі сухі вітри, які різко підвищують випаровування та створюють стресові умови для рослин.

Середньобогаторічна швидкість вітру становить 4,0 м/с.

Найбільш вітряними є зимово-весняні місяці, зокрема січень–березень, коли середня швидкість вітру сягає 4,7–4,8 м/с [10, 11].

Найменша швидкість вітру характерна для серпня–вересня і становить 3,0–3,1 м/с.

Середня кількість днів із сильним вітром (понад 15 м/с) становить 14–15 днів на рік, а в окремі роки може досягати 26 днів.

Щороку на території реєструються вітри зі швидкістю до 21 м/с, а один раз приблизно на 20 років можливі пориви до 28 м/с [10, 11].

Такі швидкості вітру мають важливе значення під час експлуатації дощувальних машин, оскільки можуть суттєво впливати на рівномірність розподілу поливної води.

За сильного вітру збільшується знесення водяного струменя, що призводить до: зниження коефіцієнта використання поливної води; нерівномірного зволоження ґрунту; перевитрат водних ресурсів; погіршення ефективності поливу.

У зв'язку з цим під час планування режимів зрошення необхідно обов'язково враховувати метеорологічні умови, особливо швидкість і напрямок вітру.

Таким чином, аналіз кліматичних показників території підтверджує, що природні умови району характеризуються недостатнім атмосферним зволоженням, значним дефіцитом вологості повітря в літній період, частими суховіями та нестійким сніговим покривом.

2.4 Характеристика ґрунтів

Ґрунтовий покрив території експлуатації зрошуваного масиву ТОВ «Кривийрігхарчоторг» представлений переважно чорноземами звичайними різного ступеня потужності та гумусованості.

У межах досліджуваної території поширені чорноземи звичайні потужні, середньопотужні та малопотужні, а також їх еродовані різновиди – слабозмиті, середньозмиті та намиті ґрунти.

Формування ґрунтового покриву відбувалося в умовах степової зони під різнотравно-типчаково-ковиловою рослинністю, що зумовило розвиток потужного гумусового горизонту та формування високородючих ґрунтів із сприятливими агропромисловими властивостями [12].

Чорноземи даної території характеризуються значним потенціалом природної родючості, добрими водно-фізичними властивостями та високою забезпеченістю поживними речовинами.

Саме ці особливості визначають їх високу придатність для ведення інтенсивного зрошуваного землеробства.

Однією з важливих морфологічних характеристик чорноземів є потужність гумусового горизонту.

Залежно від товщини гумусового шару чорноземи території поділяються на: потужні – 85–100 см; середньопотужні – 65–85 см; малопотужні – 45–65 см.

За вмістом гумусу ґрунти представлені переважно середньогумусними та малогумусними різновидами.

В окремих місцях спостерігається тенденція до поступового зменшення потужності гумусового шару, що обумовлено тривалим сільськогосподарським використанням земель, розвитком ерозійних процесів та інтенсивним механічним обробітком ґрунту.

Для оцінки морфологічної будови ґрунтового профілю на території масиву було закладено ґрунтовий розріз на плоско-рівнинній міжбалковій ділянці багаторічного перелогу.

Аналіз ґрунтового профілю дозволив визначити основні генетичні горизонти та їх морфологічні особливості [12].

Генетичний горизонт Н (0–40 см). Гумусовий горизонт характеризується темно-сірим забарвленням, свіжим станом, легкосуглинковим гранулометричним складом та добре вираженою зернистою структурою.

Горизонт інтенсивно пронизаний кореневою системою рослин, має значну біогенну переробленість, про що свідчить наявність численних ходів ґрунтової фауни [12].

Перехід до наступного горизонту поступовий.

Генетичний горизонт Н_р (41–60 см). Верхній перехідний горизонт має темно-сіре забарвлення з буруватим відтінком.

За механічним складом є легкосуглинковим, характеризується зернистою структурою та достатньою пористістю.

У горизонті спостерігаються кротовини та інші ознаки біологічної активності.

Перехід до нижчого горизонту поступовий.

Генетичний горизонт Phk (61–80 см) [12]. Нижній перехідний горизонт темно-бурого кольору, більш ущільнений порівняно з вищезалягаючими шарами.

Структура грудкувата, місцями спостерігаються сліди карбонатних новоутворень.

Починаючи з глибини близько 64 см, горизонт набуває ознак карбонатності.

Наявність карбонатів свідчить про особливості ґрунотворного процесу в умовах недостатнього природного зволоження.

Генетичний горизонт Pk (83–170 см і глибше). Материнська порода представлена палевим лесом [12].

У верхній частині горизонт слабогумусований, має легкосуглинковий склад, характеризується значною щільністю та шпаруватістю.

Лесові відклади є важливим чинником формування водно-фізичних властивостей ґрунтового профілю.

За агрогосподарськими показниками ґрунти території належать до категорії високородючих.

Вони мають сприятливі умови для вирощування районованих сільськогосподарських культур, зокрема: зернових; зернобобових; технічних; кормових культур.

Значний потенціал родючості цих ґрунтів реалізується за умови оптимального водного режиму, який у природних кліматичних умовах району не може бути забезпечений без застосування штучного зрошення.

Важливе значення для експлуатації зрошуваних земель мають водно-фізичні властивості ґрунтів.

Легкосуглинковий механічний склад забезпечує достатню вологоємність і водопроникність, що створює сприятливі умови для накопичення продуктивної вологи.

Разом із тим за порушення режимів поливу можливе ущільнення орного шару, погіршення аерації та розвиток деградаційних процесів.

З огляду на це особливої актуальності набуває дотримання науково обґрунтованих режимів зрошення та постійний контроль меліоративного стану ґрунтів.

Водно-фізичні властивості ґрунтів досліджуваної ділянки наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Водно-фізичні властивості ґрунту [12]

Шар ґрунту, см	Щільність, г/см ³	Максимальна гігроскопічність	Вологість в'янення у відсотках від маси ґрунту		Запаси води, мм		
			НВ	ПВ	непродуктивної	при НВ	при ПВ
0-10	1,04	11,7	29,8	58,3	12,2	31,0	60,6
10-20	1,20	11,9	29,3	45,6	14,3	35,2	54,7
20-30	1,26	12,7	26,8	41,7	16,0	33,8	52,5
30-40	1,31	12,8	25,4	38,7	16,8	33,3	50,7
40-50	1,33	12,6	23,9	37,7	16,8	31,8	50,1
50-60	1,30	12,3	23,1	39,6	16,0	30,0	51,5
60-70	1,30	13,1	23,0	39,8	17,0	29,9	51,7
70-80	1,30	13,8	22,9	39,6	17,9	29,8	51,5
80-90	1,33	14,6	21,6	42,6	19,4	28,7	56,7
90-100	1,40	15,0	21,3	34,4	21,0	29,8	48,2

2.5 Джерело зрошення

Водозабезпечення зрошуваного масиву ТОВ «Кривийрігхарчоторг» здійснюється за рахунок подачі води з регулюючого басейну через насосну станцію підкачування НСП-6.

Регулюючий басейн виконує функцію накопичення та вирівнювання подачі води, забезпечуючи стабільну роботу внутрішньогосподарської зрошувальної мережі.

Наповнення басейну здійснюється водою з водосховища, розташованого на річці Кам'янка, яка є основним джерелом водопостачання досліджуваного масиву зрошення.

Наявність регулюючого басейну дозволяє оптимізувати режим водокористування, зменшити нерівномірність подачі води, забезпечити необхідний запас для пікових періодів поливу та підвищити надійність функціонування всієї зрошувальної системи.

За багаторічними гідрологічними спостереженнями середня витрата води у водосховищі становить $0,36 \text{ м}^3/\text{с}$, що забезпечує можливість задоволення потреб зрошувального масиву в поливний період за умови раціонального режиму експлуатації [13].

Гідрологічний режим водосховища та річки Кам'янка характеризується чітко вираженою сезонною мінливістю, що обумовлено особливостями клімату території, режимом атмосферних опадів та характером живлення водотоку.

Процеси льодоутворення на водному об'єкті зазвичай розпочинаються наприкінці листопада або на початку грудня. Руйнування льодового покриву та його танення спостерігається переважно наприкінці лютого – на початку березня.

Підвищення рівня води, пов'язане з весняним водопіллям, нерідко починається ще в умовах льодоставу, зазвичай наприкінці березня.

Весняне водопілля є основним періодом поповнення водних ресурсів водосховища. Його початок припадає, як правило, на третю декаду березня, а завершення – на другу декаду травня. Саме в цей період відбувається формування основних запасів води, що використовуються для потреб зрошення в літній сезон.

Живлення річки Кам'янка має змішаний характер із переважанням снігового типу [13].

У структурі живлення частка окремих джерел становить: снігове живлення – 65 %; дощове – 15 %; підземне – 15 %.

Переважаання снігового живлення визначає виражену сезонність стоку та обумовлює необхідність накопичення водних ресурсів у регулюючих ємностях для їх подальшого використання в посушливий літній період.

Похил русла річки становить 0,2 м/км, що свідчить про спокійний характер течії. Густота річкової мережі в межах району змінюється від 0,10 до 0,30 км/км². Ці показники свідчать про відносно слабку природну дренажність території та підкреслюють важливість штучного регулювання водного режиму [13].

Льодові явища спостерігаються з кінця листопада до кінця березня. Скре-сання льоду відбувається переважно в третій декаді березня [13].

Максимальна висота хвилі у водосховищі сягає 0,75–1,0 м, що необхідно враховувати при експлуатації водозабірних споруд і забезпеченні безпечної роботи насосного обладнання.

Важливим критерієм оцінки придатності водного джерела для цілей зрошення є якісний склад води. Згідно з даними Енциклопедії Сучасної України, річка Кам'янка в межах Криворізького району характеризується мінералізацією води 1,0–2,0 г/дм³ у період межені. Такі значення відповідають прісним водам середньої мінералізації та є типовими для малих річок степової зони України, що підтверджує можливість їх використання для зрошення сільськогосподарських культур [13, 14, 15].

Разом із тим у зв'язку з певними показниками мінералізації та сольового складу для запобігання можливому негативному впливу на ґрунтовий покрив рекомендовано здійснювати щорічне профілактичне гіпсування ґрунтів.

Рекомендовані норми внесення гіпсу становлять 0,2–0,3 т на 1000 м³ поливної води [16].

Застосування даного агроеліоративного заходу сприяє: підтриманню сприятливого сольового балансу ґрунтів; попередженню розвитку осолонцювання; покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунту; збереженню його водопроникності; підвищенню ефективності використання поливної води.

Таким чином, водосховище на річці Кам'янка за кількісними та якісними характеристиками є достатньо надійним джерелом водопостачання для забезпечення функціонування зрошувального масиву ТОВ «Кривийрігхарчоторг».

3. ОРГАНІЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДІЛЯНЦІ ЗРОШЕННЯ

3.1 Вихідні дані для складання внутрішньогосподарського плану водокористування

Раціональне планування водокористування є однією з основних умов ефективної експлуатації зрошувальної системи та забезпечення оптимального водного режиму сільськогосподарських культур.

Внутрішньогосподарський план водокористування розробляється з метою визначення обсягів, режимів та графіків подачі поливної води на зрошувані площі відповідно до біологічних потреб культур, агротехнічних вимог і технічних можливостей зрошувальної мережі.

Планування здійснюється на основі фактичних площ зрошення, структури посівів, розрахункових поливних норм та строків проведення поливів.

На підставі цих даних для кожної декади поливного сезону визначаються необхідні витрати води в точках водовиділу конкретним водокористувачам.

Такий підхід забезпечує рівномірне та своєчасне водопостачання всіх ділянок масиву, дозволяє уникнути перевантаження насосного обладнання та сприяє підвищенню ефективності використання водних ресурсів.

Норми поливу та строки їх проведення встановлюються на основі науково обґрунтованих режимів зрошення, розроблених для конкретної природно-кліматичної зони [17, 18].

Особливого значення набуває адаптація плану водокористування до фактичних погодних умов вегетаційного періоду.

У роки з підвищеною посушливістю обсяги подачі води можуть коригуватися в бік збільшення, тоді як у роки з достатнім атмосферним зволоженням допускається їх оптимізація.

План водокористування в господарстві формується з урахуванням загального календаря проведення польових робіт.

Графіки поливів повинні бути узгоджені з технологічними операціями вирощування культур.

Узгодження режиму зрошення з агротехнічними заходами дозволяє мінімізувати виробничі втрати, забезпечити безперервність технологічного процесу та підвищити ефективність використання технічних засобів.

Для складання внутрішньогосподарського плану водокористування на зрошуваному масиві ТОВ «Кривийрігхарчоторг» необхідно використовувати комплекс вихідних даних, що характеризують технічний стан системи, природні умови та виробничу структуру господарства.

До основних вихідних матеріалів належать:

1. План-схема зрошуваного масиву. Повинна містити межі полів сівозміни, трасування внутрішньогосподарської зрошувальної мережі, розташування трубопроводної арматури, гідрантів підключення дощувальних машин та інших гідротехнічних споруд (аркуш 1).

Наявність актуальної план-схеми дозволяє точно визначати маршрути переміщення техніки, зони обслуговування та послідовність проведення поливів.

2. Структура посівних площ. Містить інформацію про площі розміщення окремих культур, їх чергування в сівозміні та заплановану врожайність.

Ці дані є основою для визначення потреби кожної культури в поливній воді.

3. Технічна характеристика внутрішньогосподарської мережі. Включає параметри трубопроводів, пропускну здатність мережі, технічний стан арматури, характеристики насосного обладнання та допустимі режими експлуатації.

Аналіз цих показників дозволяє визначити можливі обмеження при плануванні подачі води.

4. Ґрунтово-меліоративні та гідрогеологічні умови. Враховуються типи ґрунтів, їх водоутримуюча здатність, рівень залягання ґрунтових вод, фільтраційні властивості та меліоративний стан земель.

Ці фактори безпосередньо впливають на величину поливних норм і частоту проведення поливів.

5. Дані про дощувальну техніку. Повинні містити відомості щодо: кількості дощувальних машин; їх марки; продуктивності; технічного стану; режиму роботи протягом доби; часу переміщення між позиціями.

Ця інформація необхідна для розрахунку реальної пропускної здатності системи в поливний сезон.

6. Календарний режим зрошення сільськогосподарських культур. Містить строки початку та завершення поливів, орієнтовну кількість поливів для кожної культури та величини поливних норм у різні фази розвитку.

7. План експлуатаційних заходів. Включає графік проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування насосної станції, трубопровідної мережі, гідротехнічних споруд та дощувальної техніки.

Наявність такого плану дозволяє своєчасно враховувати можливі технологічні перерви у водоподачі.

На основі аналізу зазначених вихідних даних формується розрахунковий декадний графік водокористування, який визначає порядок, строки та обсяги подачі води на кожне поле зрошуваного масиву.

3.2 Календарний графік поливів

Режим зрошення сільськогосподарських культур на досліджуваній ділянці доцільно представити у вигляді графіка поливів, який відображає потребу у водоподачі для всієї сівозміни протягом поливного періоду. Такий графік є основою для визначення параметрів роботи зрошувальної системи та раціонального планування водокористування.

Розрахунок режиму зрошення для ТОВ «Кривийрігхарчоторг» виконано із застосуванням програмних засобів на основі метеорологічних даних метеостанції Апостолове із забезпеченістю 75 % (додатки А, Б) [17].

На першому етапі розрахунків складено відомість неукомплектованого графіка поливів відповідно до прийнятого режиму зрошення (таблиця В.1). На основі отриманих даних побудовано графік поливів, який дозволив визначити пікові навантаження на систему.

Аналіз неукомплектованого графіка поливів (рисунок Г.1) показав, що максимальна витрата води становить 630 л/с, а значення гідромодуля дорівнює 0,96 л/(с·га). При цьому одночасно в роботі перебувають сім дощувальних машин, що створює значне навантаження на систему водоподачі.

З метою оптимізації роботи зрошувальної мережі було сформовано укомплектований графік поливів, відомість якого наведено в таблиці В.2, а графічне відображення – на рисунку Г.2.

Відповідно до укомплектованого графіка поливів максимальна витрата води зменшується до 360 л/с, а гідромодуль становить 0,55 л/(с·га). Одночасна робота чотирьох дощувальних машин забезпечує рівномірніше навантаження на систему та сприяє підвищенню ефективності її експлуатації.

Розрахована середньозважена зрошувальна норма для всієї площі сівозміни становить 2981,64 м³/га, що відповідає водоспоживанню вирощуваних культур за розрахункових кліматичних умов.

Після складання календарного укомплектованого графіка поливів виконано планування водокористування на ділянці зрошення з визначенням об'ємів води нетто (таблиця 3.1).

Подальший водогосподарський розрахунок для ТОВ «Кривийрігхарчоторг» здійснено в таблиці 3.2 відповідно до методичних рекомендацій [19].

Для кожної декади поливного періоду визначено об'єм поливної води, необхідний для подачі на поля. Розрахунок виконано шляхом множення площ окремих полів на поливну норму відповідної культури в межах конкретної декади. Після підсумовування обсягів усіх поливів визначено загальну потребу у воді для розрахункової декади за формулою

$$W_i = \omega_1 \cdot m_1 + \omega_2 \cdot m_2 + \dots + \omega_n \cdot m_n, \quad (3.1)$$

Таблиця 3.1 – Календарний план водокористування

Номер поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля нетто, га	Од. виміру	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Люцерна другого року життя	74,9	га	74,9			99,87	49,93	12,48	62,42			87,38	62,42	74,9	74,9	
			м³/га	600			600	600	600	600			600	600	600	600	
			тис.м³	44,94			59,922	29,958	7,488	37,452			52,428	37,452	44,940	44,940	
2	Люцерна третього року життя	92,5	га	92,5		13,21	118,93	52,86	26,43	66,07		92,5	52,86	39,63	39,65	52,86	
			м³/га	600		600	600	600	600	600		600	600	600	600	600	
			тис.м³	55,5		7,926	71,358	31,716	15,858	39,642		55,5	31,716	23,778	23,79	31,716	
3	Пшениця озима пожнивно просо на зерно		га			92,5		92,5	92,5			92,5	92,5	26,42	66,08	92,5	
		92,5	м³/га			400		400	400			400	400	600	600	400	
			тис.м³			37,000		37,000	37,000			37,000	37,000	15,852	39,648	37,000	
4	Соя		га			106,2		106,2			106,2		106,2	106,2			
		106,2	м³/га			400		400			400		400	400			
			тис.м³			42,480		42,480			42,480		42,480	42,480			
5	Кукурудза на зерно		га		111,3	111,3	111,3	111,3		111,3		37,10	74,20		111,3		
		111,3	м³/га		400	400	400	400		400		400	400		400		
			тис.м³		44,52	44,520	44,520	44,520		44,520		14,840	29,680		44,520		
6	Кукурудза на силос		га		111,3	111,3	111,3		55,65	55,65							
		111,3	м³/га		400	400	400		400	400							
			тис.м³		44,52	44,52	44,52		22,260	22,260							
7	Пшениця озима літній посів люцерни		га				66,10	66,10	66,10	16,52	49,58		66,10		55,09	77,19	66,10
		66,1	м³/га				400	400	400	400	400		400		600	400	400
			тис.м³				26,440	26,440	26,440	6,608	19,832		26,440		33,054	26,440	26,440
Площа полита за декаду		га	167,4	222,6	434,51	507,50	478,89	253,16	311,96	155,78	222,10	479,24	234,67	347,02	297,45	66,10	
Полита площа наростаючим підсумком		га	167,1	390,0	824,51	1332,01	1810,9	2064,06	2376,02	2531,8	2753,9	3233,14	3467,81	3814,83	4112,28	4178,38	
Сумарний об'єм нетто за декаду		тис.м³	100,4	89,04	176,446	246,76	212,114	109,046	150,482	62,312	107,340	219,744	119,562	185,952	146,702	26,440	
Сумарний об'єм нетто наростаючим підсумком		тис.м³	10,44	189,48	365,926	612,686	824,800	933,846	1084,328	1146,64	1253,98	1473,724	1593,286	1779,238	1925,940	1952,380	

де ω_n – площа поля нетто, га; m_n – поливна норма, м³/га.

Секундну витрату води для кожної декади поливного періоду знаходимо за формулою

$$Q_n = \frac{W_n}{3,6 \cdot t \cdot r}, \quad (3.2)$$

де t - тривалість поливу, діб; r - тривалість роботи дощувальної машини протягом доби (24 години).

Необхідну кількість одночасно працюючих дощувальних машин визначають за формулою

$$n_D = \frac{Q_n}{q \cdot k}, \quad (3.3)$$

де q - витрата однієї дощувальної машини, л/с; k - коефіцієнт використання робочого часу машини [35, 43].

Витрату води нетто визначають як сумарну витрату одночасно працюючих дощувальних машин

$$Q_n^p = n_D \cdot q \cdot k, \quad (3.4)$$

де n_D - прийнята ціла кількість одночасно працюючих дощувальних машин.

Тривалість поливу розраховують за формулою

$$t_p = \frac{W_n}{3,6 \cdot Q_n^p \cdot r}. \quad (3.5)$$

Для закритої зрошувальної мережі приймається коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,98$, що враховує втрати води під час її транспортування.

Для кожної декади визначаємо витрату бруто за формулою

$$Q_{BP}' = \frac{Q_n^p}{\eta}. \quad (3.6)$$

Об'єм води бруutto в точці виділу для кожної черговості поливу розраховують за формулою

$$W_{BP} = 3,6 \cdot Q_{bp} \cdot t_p \cdot r. \quad (3.7)$$

На наступному етапі виконують визначення сумарного об'єму води наростаючим підсумком протягом усього поливного періоду. На основі отриманих результатів встановлюють площу, политу за кожну декаду, а також обчислюють її значення наростаючим підсумком. Після цього визначають фізичну площу зрошення.

За результатами водогосподарського розрахунку (таблиця 3.2) встановлено, що на ділянці зрошення передбачено дві черговості поливів. Максимальна кількість одночасно працюючих дощувальних машин становить чотири одиниці, що забезпечує оптимальний режим роботи системи.

Максимальна розрахункова витрата води нетто складає 324,5 л/с.

Загальний об'єм води нетто, який подається на зрошувану ділянку протягом вегетаційного періоду, становить 1952,380 тис. м³.

Сумарна площа гектарополивів за вегетаційний період становить 4178,38 га, що характеризує інтенсивність використання зрошувальної системи та підтверджує достатню ефективність її функціонування в межах проєктної ділянки.

3.3 Календарний план поливів

Для складання календарного плану поливів визначають послідовність проведення поливів, їх тривалість, а також обсяги подачі води на окремі поля зрошуваної ділянки. Результати розрахунків наведено в таблиці 3.3.

Розроблення календарного плану поливів здійснюють у такій послідовності.

Таблиця 3.3 – Календарний план поливів

№ п/п	Номер поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Черговість поливу	Номер поливу	Строки поливів	Тривалість поливу, діб.-год.	Поливна норма, м³/га	Розрахункова витрата нетто л/с	Добова площа поливу, га	Кількість операторів		Кількість д.м.	Об'єм поливної води, м³		Назва трубопроводу
											за зміну	за добу		потрібний	поданий в господарстві	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	1	1	05.05-10.05	5-10	600	188,6	13,8	1	3	2	44940	45857	1-Кр1
2	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	1	1	04.05-10.05	6-20	600	188,6	13,6	1	3	2	55500	56633	1-Кр2
3	5	Кукурудза на зерно	111,3	1	1	15.05-20.05	5-17	400	117,1	19,5	1	3	2	44520	45429	1-Кр5
4	6	Кукурудза на силос	111,3	1	1	11.05-16.05	5-17	400	117,1	19,5	1	3	2	44520	45429	1-Кр6
5	4	Соя	106,2	1	1	21.05-25.05	4-12	400	211,0	23,5	1	3	3	42480	43347	1-Кр4
6	5	Кукурудза на зерно	111,3	1	2	26.05-31.05	5-17	400	211,0	19,5	1	3	3	44520	45429	1-Кр5
7	6	Кукурудза на силос	111,3	1	2	26.05-31.05	5-17	400	211,0	19,5	1	3	3	44520	45429	1-Кр6
8	3	Озима пшениця	92,5	1	1	26.05-30.05	4-12	400	211,0	20,5	1	3	3	37000	37755	1-Кр3
9	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	1	2	31.05-06.06	6-20	600	211,0	13,6	1	3	3	55500	56633	1-Кр2
10	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	1	2	01.06-06.06	5-10	600	324,5	13,8	1	3	4	44940	45857	1-Кр1
11	7	Озима пшениця	66,1	1	1	03.06-06.06	3-9	400	324,5	19,4	1	3	4	26440	26980	1-Кр7
12	6	Кукурудза на силос	111,3	1	3	05.06-10.06	5-17	400	324,5	19,5	1	3	4	44520	45429	1-Кр6
13	5	Кукурудза на зерно	111,3	1	3	05.06-10.06	5-17	400	324,5	19,5	1	3	4	44520	45429	1-Кр5
14	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	1	3	09.06-14.06	5-10	600	324,5	13,8	1	3	4	44940	45857	1-Кр1
15	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	1	3	08.06-14.06	6-20	600	324,5	13,6	1	3	4	55500	56633	1-Кр2
16	3	Озима пшениця	92,5	1	2	11.06-15.06	4-12	400	279,0	20,5	1	3	4	37000	37755	1-Кр3
17	7	Озима пшениця	66,1	1	2	12.06-15.06	3-9	400	279,0	19,4	1	3	4	26440	26980	1-Кр7
18	5	Кукурудза на зерно	111,3	1	4	15.06-20.06	5-17	400	279,0	19,5	1	3	4	44520	45429	1-Кр5
19	4	Соя	106,2	1	2	16.06-20.06	4-12	400	279,0	23,5	1	3	4	42480	43347	1-Кр4
20	7	Озима пшениця	66,1	1	3	21.06-24.06	3-9	400	143,4	19,4	1	3	2	26440	26980	1-Кр7
21	3	Озима пшениця	92,5	1	3	25.06-29.06	4-12	400	143,4	20,5	1	3	2	37000	37755	1-Кр4
22	6	Кукурудза на силос	111,3	1	4	28.06-03.07	5-17	400	143,4	19,5	1	3	2	44520	45429	1-Кр6
23	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	1	4	29.06-05.07	6-20	600	143,4	13,6	1	3	2	55500	56633	1-Кр2

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
24	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	1	4	30.06-05.07	5-10	600	143,4	13,8	1	3	2	44940	45857	1-Kp1
25	5	Кукурудза на зерно	111,7	1	5	04.07-09.07	5-17	400	197,9	19,5	1	3	3	44680	45592	1-Kp5
26	7	Літній посів люцерни	66,1	1	П	10.07-13.07	3-9	400	197,9	19,4	1	3	3	26440	26980	1-Kp7
27	4	Соя	106,2	1	3	14.07-18.07	4-12	400	102,4	23,5	1	3	1	42480	43347	1-Kp4
28	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	2	5	25.07-31.07	6-20	600	201,7	13,6	1	3	3	55500	56633	1-Kp2
29	3	Просо на зерно	92,5	2	1	27.07-31.07	4-12	400	201,7	20,5	1	3	3	37000	37755	1-Kp3
30	5	Кукурудза на зерно	111,3	2	6	30.07-04.08	5-17	400	201,7	19,5	1	3	3	44520	45429	1-Kp5
31	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	2	5	01.08-06.08	5-10	600	289,0	13,8	1	3	3	44940	45857	1-Kp1
32	4	Соя	106,2	2	4	03.08-07.08	4-12	400	289,0	23,5	1	3	3	42480	43347	1-Kp4
33	3	Просо на зерно	92,5	2	2	05.08-09.08	4-12	400	289,0	20,5	1	3	3	37000	37755	1-Kp4
34	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	2	6	07.08-13.08	6-20	600	289,0	13,6	1	3	3	55500	56633	1-Kp2
35	7	Літній посів люцерни	66,1	2	1	07.08-10.08	3-9	400	289,0	19,4	1	3	3	26440	26980	1-Kp7
36	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	2	6	10.08-15.08	5-10	600	289,0	13,8	1	3	3	44940	45857	1-Kp1
37	4	Соя	106,2	2	5	12.08-16.08	4-12	400	157,3	23,5	1	3	2	42480	43347	1-Kp4
38	3	Просо на зерно	92,5	2	3	02.09-06.09	4-12	600	157,3	20,5	1	3	2	55500	56633	1-Kp3
39	5	Кукурудза на зерно	111,3	2	7	23.08-28.08	5-17	400	222,3	19,5	1	3	3	44520	45429	1-Kp5
40	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	2	7	26.08-31.08	5-10	600	222,3	13,8	1	3	3	44940	45857	1-Kp1
41	7	Озима пшениця	66,1	2	В	28.08-01.09	4-19	600	222,3	13,8	1	3	3	39660	40469	1-Kp7
42	2	Люцерна 3-го року життя	92,5	2	7	29.08-04.09	6-20	600	222,3	13,6	1	3	3	55500	56633	1-Kp2
43	3	Озима пшениця	92,5	2	В	19.08-25.08	6-20	400	192,9	13,6	1	3	2	37000	37755	1-Kp3
44	1	Люцерна 2-го року життя	74,9	2	8	05.09-10.09	5-10	600	192,9	13,8	1	3	2	44940	45857	1-Kp1
45	7	Літній посів люцерни	66,1	2	2	07.09-10.09	3-9	400	192,9	19,4	1	3	2	26440	26980	1-Kp7
46	7	Літній посів люцерни	66,1	2	3	17.09-20.09	3-9	400	86,9	19,4	1	3	1	26440	26980	1-Kp7

На першому етапі, на основі укомплектованого графіка поливів, встановлюють черговість проведення поливів для сільськогосподарських культур відповідно до їх водоспоживання та агротехнічних вимог у різні фази розвитку.

Наступним етапом є визначення площі, яку може забезпечити поливом одна дощувальна машина протягом доби. Розрахунок виконують з урахуванням витрати дощувальної машини [8] та величини поливної норми за формулою

$$W_D = \frac{86,4 \cdot q \cdot k}{m}, \quad (3.8)$$

де q - витрата дощувальної машини, л/с; k - коефіцієнт використання робочого часу машини [35].

Тривалість поливу кожного поля визначають за формулою

$$t_n = \frac{W_n}{F_{\text{дод}}}, \quad (3.9)$$

де W_n - площа нетто одного поля, га.

Після визначення тривалості поливу встановлюють строки його завершення шляхом додавання розрахованої тривалості до початкової дати проведення поливу в межах відповідної черговості.

Номери полів, їх площі, а також шифри трубопроводів приймають відповідно до генерального плану зрошуваної ділянки.

Далі визначають необхідну кількість операторів дощувальних машин. Розрахунок виконують з урахуванням максимальної кількості одночасно працюючих машин та нормативного навантаження на одного оператора.

Об'єм поливної води для кожної сільськогосподарської культури визначають за формулою

$$W_{cn} = \frac{m \cdot W_n}{1000 \cdot t}, \quad (3.10)$$

Крім того, загальний об'єм води, який необхідно подати в господарство, визначають за формулою

$$W_{\text{нод}} = \frac{W_{\text{н}}}{\eta}. \quad (3.11)$$

Отримані результати є основою для організації безперебійного водопостачання та забезпечення своєчасного проведення поливів упродовж усього вегетаційного періоду.

За результатами складання календарного графіка поливів для ТОВ «Кривийрігхарчоторг» встановлено, що для семипільної сівозміни протягом вегетаційного періоду необхідно провести 46 поливів.

У процесі розрахунків визначено тривалість поливу кожного окремого поля, а також добову площу поливу, що дозволило оптимізувати режим роботи дощувальної техніки та забезпечити ефективне використання водних ресурсів на зрошуваній ділянці.

3.4 Оперативний план-графік проведення поливів і міжполивного обробітку ґрунту

Оперативний план водокористування складають з метою уточнення раніше розробленого плану подачі води з урахуванням фактичного стану посівів, поточних метеорологічних умов, а також для узгодження строків проведення поливів із заходами міжполивного обробітку ґрунту.

Розроблення оперативного плану дає змогу своєчасно коригувати режим зрошення залежно від потреб сільськогосподарських культур у волозі на окремих етапах вегетації, забезпечуючи при цьому раціональне використання водних ресурсів і дотримання агротехнічних вимог.

Під час складання оперативного плану-графіка необхідно забезпечити таку організацію поливних робіт, за якої добова площа поливу відповідала б

продуктивності одного або двох тракторних агрегатів, що виконують міжполивний обробіток ґрунту. Такий підхід сприяє узгодженій роботі зрошувальної та ґрунтообробної техніки, зменшує простої машин і забезпечує своєчасне виконання технологічних операцій.

Добову площу поливу визначають залежно від витрати дощувальної машини та величини поливної норми.

$$F_{\text{доб}} = \frac{3,6 \cdot Q \cdot t}{m}, \quad (3.12)$$

де t - число годин поливу за добу.

Рациональне використання тракторного парку забезпечується лише за умови, що площа, яка поливається протягом доби, становить не менше 12 га [18]. Дотримання цієї умови дозволяє ефективно організувати роботу міжполивної техніки та мінімізувати простої агрегатів.

Оперативний план-графік проведення поливів і тракторних робіт для дощувальної машини «Фрегат» у третій декаді травня наведено в таблиці 3.4.

На основі розробленого оперативного плану-графіка встановлено, що протягом зазначеної декади зрошення здійснюватиметься на чотирьох полях. Одночасно з поливами передбачається виконання міжполивного обробітку ґрунту, зокрема поперечної та поздовжньої культивуації посівів таких культур, як озима пшениця, кукурудза на силос та кукурудза на зерно.

Таким чином, оперативне планування забезпечує узгоджену роботу зрошувальної та ґрунтообробної техніки, що підвищує ефективність використання виробничих ресурсів та сприяє дотриманню агротехнічних строків виконання робіт.

Загальна площа зрошення, яка підлягає обробітку протягом третьої декади травня, становить 434,51 га.

Таблиця 3.4 - Оперативний план-графік проведення поливів та тракторних робіт на ділянці зрошення

Сільськогосподарська культура	Поливна норма, м³/га	Площа поливу, га		Тривалість поливу, діб	Роботи	Травень										
		всього	за добу			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Люцерна 2-го року життя	600	74,9	13,8	5,41	Полив											13,8
Озима пшениця	400	92,5	20,5	4,52	Полив						20,5	20,5	20,5	20,5	9,91	
Соя	400	106,2	23,5	4,52	Полив	23,5	23,5	23,5	23,5	12,2						
					Повздовжня культивация			23,5	23,5	23,5	23,5	12,2				
					Поперечна культивация				23,5	23,5	23,5	23,5	12,2			
Кукурудза на зерно	400	111,3	19,5	5,71	Полив						19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	13,8
					Повздовжня культивация							19,5	19,5	19,5	19,5	
					Поперечна культивация										19,5	19,5
Кукурудза на силос	400	111,3	19,5	5,62	Полив						19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	13,8
					Повздовжня культивация							19,5	19,5	19,5	19,5	
					Поперечна культивация										19,	19,5
Поливна площа, га						23,50	23,50	23,50	23,50	12,20	59,50	59,50	59,50	59,50	48,91	41,40
Кількість дощувальних машин						3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Кількість персоналу						1 людина на 4 машини										
Площа поздовжньої культивациі, га								23,50	23,50	23,50	23,50	12,20	39,00	39,00	39,00	39,00
Площа поперечної культивациі, га										23,50	23,50	23,50	23,50	12,20	38,50	39,00
Загальна площа тракторних робіт, га								23,50	23,50	47,00	47,00	35,70	62,50	51,20	77,50	78,00
Кількість тракторів для культивациі								2	2	4	4	3	5	4	6	7
Витрата, л/с: нетто						165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8	165,8
брутто						169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2	169,2
Водоподача в точки віділу, м³								9400	9400	9400	25400	27000	25400	22520	23400	12400
Площа, полита за декаду, га						23,50	23,50	23,50	23,50	12,20	59,50	59,50	59,50	59,50	48,91	41,40
Полита площа, наростаючим підсумком, га						23,50	47,00	70,50	94,00	106,20	165,70	225,20	284,70	344,20	393,11	434,51

3.5 План-замовлення на воду

План-замовлення на подачу води складають на кожну декаду за встановленою формою для кожного водовиділу в межах господарства (табл. 3.5). Даний документ є основою оперативного управління водорозподілом і забезпечує узгодження потреб у воді з можливостями зрошувальної системи.

Для формування плану-замовлення на воду із календарного плану поливів по кожній декаді відбирають основні вихідні дані, а саме: строки проведення поливів, їх тривалість, витрати води нетто та брутто, коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі, а також розрахункові об'єми води, отримані в результаті водогосподарського розрахунку (див. табл 3.3).

Таблиця 3.5 – План замовлення на воду

№ точки виділу	Термін подачі води	ККД	Витрата, л/с		Об'єм води, м ³	
			нетто	брутто	за де- каду	наростаю- чим підсум- ком
1	01.05-10.05	0,98	188,6	192,4	100400	100400
	11.05-20.05	0,98	117,1	119,5	89040	189440
	21.05-31.05	0,98	211,0	215,3	176446	365886
	01.06-10.06	0,98	324,5	331,1	246760	612646
	11.06-20.06	0,98	279,0	284,7	212114	824760
	21.06-30.06	0,98	143,4	146,3	109046	933806
	01.07-10.07	0,98	197,9	201,9	150482	1084288
	11.07-20.07	0,98	102,0	104,1	62312	1146600
	21.07-31.07	0,98	201,7	205,8	107340	1253940
	01.08-10.08	0,98	289,0	294,9	219744	1473684
	11.08-20.08	0,98	157,3	160,5	119562	1593246
	21.08-31.08	0,98	222,3	226,8	185952	1779198
	01.09-10.09	0,98	192,9	196,8	146702	1925900
	11.09-20.09	0,98	86,9	88,7	26440	1952340

Отримані показники систематизують за декадами та використовують для визначення добової і декадної потреби у воді, що дає змогу забезпечити своєчасну та безперебійну подачу води на зрошувані площі відповідно до встановленого режиму поливу.

Таким чином, за результатами розрахунків встановлено 14 декад подачі води на масив зрошення.

Загальний об'єм води, необхідний для подачі на зрошувану ділянку ТОВ «Кривийрігхарчоторг» протягом вегетаційного періоду 2026 року, становить 1952,38 тис. м³.

3.6 Організація обліку води і поливих площ в господарстві

Облік поливих площ є важливим елементом ефективного управління зрошуваним землеробством, оскільки він забезпечує контроль за використанням водних ресурсів, планування поливів та оцінку продуктивності сільськогосподарських культур. В умовах обмеженості водних ресурсів особливого значення набуває точність визначення площ, що фактично піддаються зрошенню, а також обсягів використаної води [19].

Система обліку поливих площ у господарстві передбачає ведення відповідної документації, яка включає дані про розміщення поливних ділянок, їх площу, способи зрошення та строки проведення поливів. Такий облік дозволяє здійснювати аналіз ефективності використання зрошувальних систем і своєчасно коригувати режими поливу [20, 25].

Згідно з сучасними підходами до управління зрошенням, облік поливих площ повинен базуватися на поєднанні традиційних методів (журнали обліку, польові вимірювання) та сучасних інформаційних технологій, зокрема геоінформаційних систем і дистанційного зондування Землі. Це дозволяє підвищити точність даних і оперативність їх обробки [21].

Важливим аспектом є також взаємозв'язок обліку площ із графіками поливу та водним балансом ґрунту. Методи обліку вологості ґрунту та водоспоживання культур дають змогу оптимізувати площі, що підлягають поливу в конкретний період, і уникнути надмірного або недостатнього зволоження [22].

На підприємствах агропромислового комплексу облік политих площ є складовою системи управління водними ресурсами. Він забезпечує раціональне використання води у технологічних процесах і сприяє зниженню витрат на зрошення, що є важливим чинником підвищення економічної ефективності виробництва [23].

Таким чином, впровадження сучасних методів обліку политих площ дозволяє підвищити ефективність управління зрошенням, забезпечити сталий розвиток аграрного виробництва та раціональне використання водних ресурсів.

3.7. Проведення плану водокористування в господарстві

Полив є ключовою технологічною операцією на зрошувальних системах, що визначає строки та ефективність виконання інших агротехнічних заходів. Його якість залежить від належної підготовки поливних площ і технічного стану зрошувальної мережі.

Підготовка до поливного сезону включає експлуатаційне планування території, вирівнювання поверхні полів та підготовку поливної техніки. Особливу увагу приділяють приведенню в робочий стан зрошувальної, дренажної та скидної мереж разом із гідротехнічними спорудами. У міжполивний період виконують їх очищення від наносів і рослинності, а також необхідні ремонтні роботи.

Після завершення поливного сезону здійснюється консервація системи, яка передбачає спорожнення мережі, захист металевих елементів від корозії та зберігання обладнання у відповідних умовах. Навесні проводять

розконсервацію, встановлення водорозподільчих пристроїв і водовимірювальної апаратури, а також перевірку працездатності системи.

Вирівнювання поливних площ є обов'язковим елементом підготовки і виконується щорічно. Залежно від умов рельєфу застосовують загінний, діагональний або діагонально-перехресний способи планування. Роботи доцільно проводити після збирання врожаю, що забезпечує кращу якість вирівнювання та не порушує агротехнічні строки.

Під час підготовки мережі здійснюються заходи зі зменшення втрат води, що сприяє підвищенню ефективності її використання. Готовність системи до подачі води визначається спеціальною комісією, а виявлені недоліки усуваються до початку поливів.

У даному господарстві використовуються дощувальні машини типу «Фрегат», які призначені для поливу зернових, овочевих, кормових і технічних культур. Машини працюють за круговою схемою з подачею води від гідрантів закритої зрошувальної мережі.

Експлуатаційна оцінка способу поливу дає змогу визначити доцільність його застосування в конкретних умовах, а також виявити переваги та недоліки обраної технології. Ефективна організація поливу передбачає виконання комплексу взаємопов'язаних заходів.

Дощувальні машини повинні своєчасно проходити ремонт і технічне обслуговування протягом усього вегетаційного періоду. Обов'язковим є складання оперативних і календарних графіків поливів, що забезпечують дотримання оптимальних строків водоподачі.

Під час організації зрошення обслуговуючий персонал повинен дотримуватися вимог охорони праці, протипожежної безпеки та виробничої санітарії. Ефективність роботи дощувальних машин оцінюється з урахуванням кліматичних, ґрунтових, геоморфологічних і гідрологічних умов території.

Організація виконання плану водокористування передбачає такі основні етапи [18]:

1. аналіз технічних характеристик дощувальної машини;
2. нанесення на план сівозміни елементів зрошувальної мережі (гідрантів, вантазів, скидних колодязів);
3. визначення режимів роботи дощувальної машини, зокрема тривалості одного оберту для різних поливних норм.

Зокрема, для дощувальної машини типу «Фрегат» тривалість одного оберту визначається розрахунковим шляхом залежно від заданої поливної норми та технічних параметрів установки [24].

$$T_{об} = m_{потр} \cdot T / m \quad (3.13)$$

де T - мінімальний час одного оберту машини, год; $m_{потр}$ - необхідна поливна норма, $\text{м}^3/\text{га}$; m - мінімальна поливна норма для заданої моделі, $\text{м}^3/\text{га}$.

Так, для дощувальної машини «Фрегат» ДМУ Б-434-90 при поливній нормі $400 \text{ м}^3/\text{га}$ час одного оберту становить

$$t_{об} = 400 \cdot 48,7/238 = 81,8 \text{ год.}$$

Для «Фрегат» ДМУ Б-434-90 при поливній нормі $600 \text{ м}^3/\text{га}$ час одного оберту становить

$$T_{об} = 600 \cdot 48,7/238 = 122,7 \text{ год.}$$

Для «Фрегат» ДМУ Б-463-90 при поливній нормі $400 \text{ м}^3/\text{га}$ час одного оберту становить

$$T_{об} = 400 \cdot 52,2/225 = 92,8 \text{ год.}$$

Для «Фрегат» ДМУ Б518-90 при поливній нормі $400 \text{ м}^3/\text{га}$ час одного оберту становить

$$T_{об} = 400 \cdot 58,5/205 = 114,1 \text{ год.}$$

Для «Фрегат» ДМУ Б572-90 при поливній нормі $400 \text{ м}^3/\text{га}$ час одного обертю становить

$$T_{\text{об}} = 400 \cdot 65,0/189 = 137,6 \text{ год.}$$

4. наводять технологічні схеми поливу і дають їм характеристики.

У даній дипломній роботі передбачено використання різних схем поливу (рис. 3.1), вибір яких обґрунтовується технічними характеристиками дощувальної техніки та умовами зрошення.

а) Робота дощувальної машини типу «Фрегат» на одній позиції [24]. У цьому випадку машина здійснює полив, рухаючись по колу від стаціонарного гідранта. Площа зрошення визначається технічними параметрами машини. При цьому незрошені ділянки, що утворюються внаслідок роботи кінцевого апарата, становлять близько 16–18 %, а коефіцієнт земельного використання (КЗВ) – 0,82–0,84 .

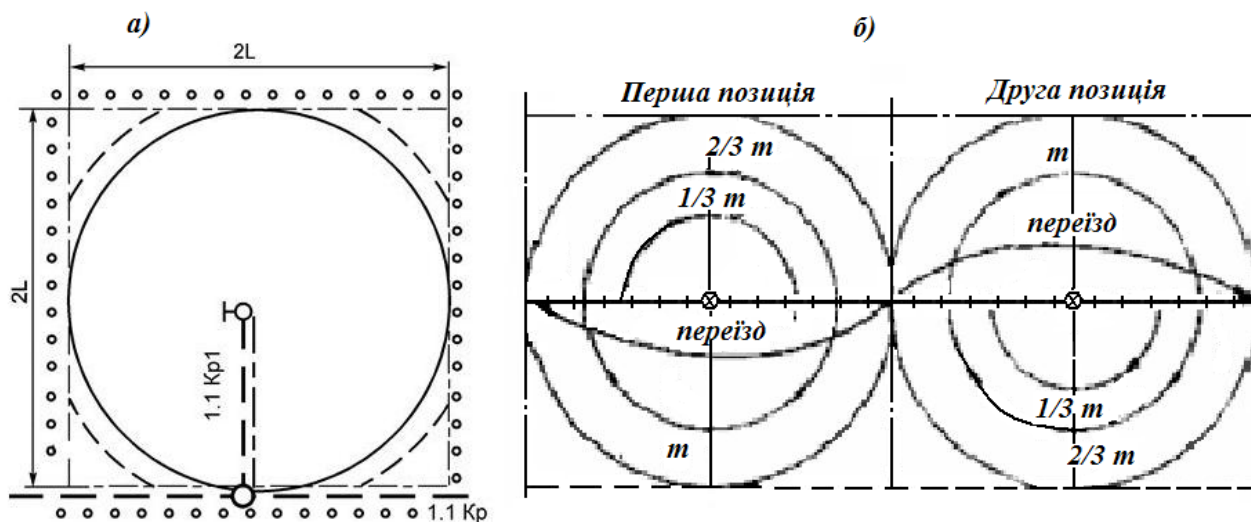


Рисунок 3.1 – Технологічні схеми поливу.

Основною перевагою цієї схеми є автономність роботи дощувальної машини, що виключає необхідність її переміщення протягом вегетаційного періоду та спрощує організацію поливів.

Разом з тим, до недоліків належать відносно низький коефіцієнт використання площі, обмежене сезонне навантаження на машину, а також значні капітальні витрати і тривалий строк їх окупності.

б) Робота дощувальної машини типу «Фрегат» на двох позиціях [24, 25]. Для реалізації цієї технологічної схеми необхідний лише один комплект обладнання для транспортування машини – або з боку нерухомої опори, або з боку консольної частини трубопроводу.

Особливістю даної схеми є те, що при переході між двома позиціями виникає потреба у повторному поливі частини площі. Зокрема, для встановлення машини у положення, зручне для переміщення, одна половина зрошуваного кола поливається двічі. При цьому на другому проході поливна норма зменшується до мінімального значення за рахунок підвищення швидкості руху машини.

Така організація поливу має низку недоліків, зокрема: нерівномірність зволоження ґрунту; додаткові втрати зрошувальної води; збільшення міжполивного періоду на 2–3 доби.

Разом із тим, дослідження показують, що ефективність цієї схеми можна підвищити за рахунок раціонального розподілу поливних норм. Зокрема, на ділянці, яка поливається двічі, доцільно застосовувати диференційований режим зрошення: приблизно $2/3$ поливної норми під час першого проходу і $1/3$ – під час другого. На другій половині кола подається повна поливна норма.

3.8 Звітність про виконання плану водокористування

Контроль за виконанням плану водокористування є обов'язковим елементом управління зрошувальною системою та передбачає регулярне формування відповідної звітності. Звіти складаються гідротехніком господарства та передаються до вищестоячих органів управління.

У процесі реалізації плану водокористування ведеться оперативна, квартальна та річна звітність [18, 26], що забезпечує системний контроль за використанням водних ресурсів і дотриманням запланованого режиму зрошення.

Оперативне планування та контроль здійснюються протягом усього вегетаційного періоду з коригуванням на кожен наступну декаду, оскільки фактичні погодні умови, як правило, відрізняються від розрахункових. У зв'язку з цим оперативні плани водокористування враховують фактичний водний баланс кожного поля та узгоджуються з поточними агротехнічними заходами.

На основі розрахункових даних визначається фактична потреба у воді для кожного поля, після чого оформлюються відповідні замовлення на воду. Ці замовлення передаються до управління зрошувальної системи та є офіційною підставою для подачі води водокористувачам.

Сутність оперативного планування полягає у підтриманні оптимальних вологозапасів у кореневмісному шарі ґрунту, що забезпечує відповідність вологості ґрунту біологічним потребам сільськогосподарських культур. Встановлені на основі досліджень закономірності динаміки вологості зберігаються за звичайних кліматичних умов і можуть змінюватися лише при виникненні екстремальних погодних ситуацій.

Оперативна звітність передбачає щодакне подання агрономом і гідротехніком господарства до управління зрошувальних систем даних щодо коефіцієнта використання води та фактичних поливних норм.

Квартальна та річна звітність подається господарствами за затвердженими формами до районних управлінь сільського господарства, управлінь зрошувальних систем та обласних органів управління. У цих звітах відображаються показники використання посівних площ, обсяги проведених поливів сільськогосподарських культур, а також загальна кількість води, забраної на зрошення.

3.9 Основні показники внутрішньогосподарського плану водокористування

Таким чином, основні показники внутрішньогосподарського плану водокористування для ТОВ «Кривийрігхарчоторг» [18]:

1. Площа зрошення нетто $A_{\text{rot}}^{\Gamma} = 654,8$ га.
2. Площа поливів в гектарополивах $A_{\text{пол}}^{\Gamma} = 4178,38$ га.
3. Потреба господарства у воді за весь період зрошення:

$$\text{- на полях } \Sigma V_{\text{us}}^{\text{п}} = 1952,380 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{- в точках виділу води } \Sigma V_{\text{т.в.}}^{\text{п}} = 1992,184 \text{ тис. м}^3;$$

4. Загальний коефіцієнт корисної дії внутрішньогосподарської мережі

$$E_{\text{т}}^{\text{БМ}} = \Sigma V_{\text{us}}^{\text{п}} / \Sigma V_{\text{т.в.}}^{\text{п}} = 1952,380 / 1992,184 = 0,98$$

5. Потреба господарства у воді в точці виділу за декаду

$$\text{максимальна } V_{\text{max}}^{\Gamma} = 251,795 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{середня } V_{\text{сер.}}^{\Gamma} = \Sigma V_{\text{т.в.}}^{\text{п}} / n_{\text{д}} = 1952,380 / 10 = 192,380 \text{ тис. м}^3;$$

$$\text{мінімальна } V_{\text{min}}^{\Gamma} = 26,979 \text{ тис. м}^3.$$

6. Середньозважена зрошувальна норма

$$I_{\text{mnt}} = \Sigma V_{\text{us}}^{\text{п}} / A_{\text{rot}}^{\Gamma} = 1952380 / 654,8 = 2981,64 \text{ м}^3/\text{га}.$$

7. Середня кількість поливів в господарстві

$$n_{\text{сер}} = A_{\text{пол}}^{\Gamma} / A_{\text{rot}}^{\Gamma} = 4178,38 / 654,8 = 6,4.$$

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА МАСИВІ ЗРОШЕННЯ

4.1 Підготовка зрошувальної мережі до поливного періоду

Закрита зрошувальна мережа повинна бути повністю підготовлена до початку поливного періоду не пізніше ніж за сім днів до першого поливу [26]. Дотримання цього терміну є необхідною умовою для забезпечення надійної та безаварійної роботи системи в умовах експлуатації.

У період підготовки до поливу та проведення ремонтних робіт усувають усі виявлені несправності, визначені за результатами осіннього огляду та фіксовані у дефектній відомості при консервації системи, а також додаткові пошкодження, виявлені під час весняного обстеження. Особливу увагу приділяють технічному стану металевих розбірних вузлів (клапанів, засувок, вентилів), які очищують, перевіряють і змащують антикорозійними матеріалами (солідол, автол). Відкриті елементи арматури очищають від мулу, сміття та інших відкладень.

В процесі експлуатації закритих зрошувальних мереж виділяють три основні періоди: підготовчий, робочий та неробочий.

У підготовчий період здійснюють комплекс заходів, спрямованих на відновлення працездатності мережі після зимового зберігання та її подальше заповнення водою. На цьому етапі проводять детальний огляд трас трубопроводів, запірно-регулюючої та запобіжної арматури, гідрантів і оглядових колодязів. Одночасно виконують очищення системи, визначають можливі місця пошкоджень, здійснюють необхідний ремонт, регулюють арматуру та готують мережу до заповнення.

Заповнення трубопровідної мережі водою виконують за допомогою бустерних насосів у ручному режимі управління, виключно у денний час доби.

Ознакою завершення процесу заповнення є рівномірне витікання води з гідрантів [18, 26].

Для видалення повітряних скупчень з мережі відкривають вантузи, а на період заповнення додатково відкривають гідранти на кінцевих та підвищених ділянках трубопроводів. Під час заповнення засувку на голові трубопроводу відкривають частково – на $1/4$ – $1/10$ ходу шпинделя.

До складу закритої зрошувальної мережі входять господарські та польові трубопроводи, запірно-регулююча і запобіжна арматура, оглядові та спорожнювальні колодязі.

Спочатку здійснюють заповнення господарського трубопроводу з одночасним підключенням найбільш віддалених польових трубопроводів для видалення водоповітряної суміші. При цьому засувки на головах інших польових трубопроводів залишають закритими.

Після завершення заповнення господарського трубопроводу проводять поетапне заповнення польових трубопроводів, починаючи з ділянок, розташованих у понижених місцях рельєфу. Засувки на їх вході відкривають частково – на $1/4$ – $1/10$ ходу шпинделя [18, 26].

Далі тиск у системі поступово піднімають до робочого рівня та перевіряють герметичність арматури, встановленої на головах польових трубопроводів. Наявність шуму або витоків у засувках свідчить про порушення герметичності. У разі виявлення несправностей заповнення системи припиняють, виконують ремонтні роботи та відновлюють процес після усунення дефектів.

4.2 Робота зрошувальної мережі в поливний період

Найбільш відповідальним етапом експлуатації зрошувальної мережі є правильне включення та відключення дощувальних машин, оскільки саме в цей момент існує ризик виникнення небезпечних гідравлічних процесів. Зокрема,

необхідно запобігати утворенню надмірних тисків, які можуть призвести до виникнення гідравлічного удару та пошкодження елементів системи.

Зменшення впливу гідравлічного удару досягається як технічними, так і експлуатаційними заходами. До технічних заходів належить встановлення спеціальних протиударних пристроїв, а до експлуатаційних – поступове закриття запірної арматури з тривалістю 120–150 с [27]. Додатково застосовують метод переривчастого закриття гідрантів, який передбачає часткове обертання штурвала (на $1/2$ – $1/3$ оберту) з подальшими зупинками та повторними етапами закриття. Тривалість одного циклу переривчастого закриття становить 0,3–0,45 с і залежить від довжини крила дощувальної машини [28]. Використання зазначених заходів забезпечує стабільну роботу закритих трубопроводів і безперервний забір води.

У робочий період основним завданням експлуатації зрошувальної мережі є забезпечення виконання поливів відповідно до встановленого режиму, контроль технічного стану системи, своєчасне проведення технічного обслуговування, облік і ліквідація аварійних ситуацій, мінімізація втрат води та підтримання нормативної пропускної здатності мережі [29].

Обстеження трубопроводів і гідротехнічних споруд зрошувальної мережі проводять у післяполивний (осінній) період після завершення основних зрошувальних робіт. На цьому етапі формують дефектні відомості, у яких фіксують перелік об'єктів, що потребують ремонту, а також визначають види і обсяги ремонтних робіт. На основі цих документів складають плани поточного та капітального ремонту гідромеліоративних систем.

Таким чином, заходи технічного обслуговування спрямовані на своєчасне виявлення, попередження та ліквідацію аварійних пошкоджень, а також на забезпечення стабільної та безперебійної роботи зрошувальної мережі протягом усього поливного сезону. Вони включають систематичний контроль стану мережі, регулювання запірно-регулюючої та запобіжної арматури, усунення витоків і виконання аварійних ремонтів.

У завершальний період зрошувального сезону проводять промивку трубопроводів, детальне обстеження всієї мережі під робочим тиском та складають оновлену дефектну відомість з урахуванням результатів технічного огляду [26].

4.3 Підготовка зрошувальної мережі до зимового періоду

У неробочий (міжполивний) період здійснюють комплекс заходів з технічного обслуговування зрошувальної мережі, який включає огляд, консервацію та необхідний ремонт трубопроводів, а також запірно-регулюючої і запобіжної арматури [18, 26, 30, 31].

Після повного спорожнення системи виконують антикорозійний захист відкритих металевих елементів трубопроводів і арматури. Зокрема, проводять фарбування незахищених поверхонь, а також нанесення густого шару антикорозійної змазки на шпинделі засувок, різьбові з'єднання та інші елементи, що піддаються корозійному впливу.

Стан консерваційного захисту мережі контролюють не рідше одного разу на місяць. У разі виявлення пошкоджень або порушення цілісності захисного шару проводять його оперативне відновлення з метою запобігання корозії та деградації елементів системи.

На ділянках, що виведені в ремонт, виконують ремонтно-відновлювальні роботи, які повинні бути завершені не пізніше ніж за два тижні до початку наступного поливного сезону.

Наприкінці поливного періоду закриту зрошувальну мережу готують до зимової консервації. До основних заходів підготовки належать: складання дефектної відомості на ремонтні роботи, що виконуються в міжполивний період; перевірка справності кінцевих скидних пристроїв та скидних вузлів у понижених ділянках рельєфу; розробка схеми послідовного спорожнення системи із зазначенням строків звільнення окремих трубопроводів від води.

Після спорожнення системи через кінцеві скидні засувки проводять контрольне обстеження всіх гідрантів і колодязів з метою перевірки повноти видалення води. У випадках залишкової наявності води її видаляють за допомогою пересувних насосних установок. Для повного спорожнення системи засувки залишають повністю відкритими [30, 31].

Для забезпечення належного збереження зрошувальної мережі в зимовий період усі металеві елементи споруд фарбують або покривають антикорозійною мастикою, а різьбові частини та рухомі елементи змащують солідолом. Закриті трубопроводи повністю звільняють від води, при цьому засувки на розподільчих лініях і гідрантах залишають у відкритому положенні [30, 31].

У разі виявлення поздовжніх або поперечних тріщин у фасонних частинах трубопроводів їх усувають шляхом зварювання. Для точного визначення меж тріщини попередньо очищають поверхню від гідроізоляції та іржі, після чого оброблену ділянку змочують гасом. Через 20–30 хвилин гас видаляють, поверхню посипають крейдою або зубним порошком і здійснюють легкі удари по трубі. Поява слідів гасу на крейдяній поверхні дозволяє точно визначити межі дефекту [32].

Несправні фасонні частини та арматуру, як правило, замінюють новими або справними елементами. Ремонт засувок без демонтажу допускається лише у випадках обриву гвинта або порушення ходу механізму, коли засувка не забезпечує повного відкривання чи закривання.

У період консервації системи також виконують установку або відновлення упорів на поворотах і тупикових ділянках трубопроводів. За необхідності замінюють сідла, хомути та інші тимчасові елементи, встановлені в поливний період, а також виконують інші ремонтні роботи, можливі лише за умови повного спорожнення трубопроводів [18, 26].

4.4 Експлуатація дощувальної техніки та її технічне обслуговування

Порядок дій механіка-оператора під час пуску дощувальної машини визначається конструктивними особливостями зрошувальної мережі та типом системи зовнішнього електро- або гідрозахисту.

У разі відключення або несправності системи електрозахисту запуск дощувальної машини суворо забороняється, оскільки це може призвести до аварійних ситуацій та пошкодження обладнання.

Пуск машини за умови справної роботи системи зовнішнього захисту здійснюється у такій послідовності [8, 24, 25]:

1. встановлюють ртутний перемикач стоп-пристрою в положення «увімкнено»;
2. встановлюють маховичок на вентиль відбору води для приводу засувки та відкривають його;
3. після відкриття засувки (за наявності робочого тиску перед нею) маховичок знімають з вентиля;
4. перевіряють показники тиску за манометром машини, які повинні відповідати паспортним значенням для конкретної модифікації;
5. виконують зовнішній огляд для контролю роботи гідроприводів візків і дощувальних апаратів;
6. протягом перших 30 хвилин роботи контролюють положення трубопроводу та переміщення візків.

У разі запуску машини після її зупинки через спрацювання системи електрозахисту виконують такі операції [8, 24, 25]:

1. за показаннями регулятора швидкості та положенням візків визначають візок, на якому ртутний перемикач залишився у ввімкненому положенні;
2. усувають причину зупинки візка;
3. повертають маятник регулятора швидкості до виходу за упор та встановлюють ртутні перемикачі у положення «включено»;

4. у разі відмови останнього візка ртутний перемикач фіксують у ввімкненому положенні;
5. піднімають товкачі на зупинених і останніх візках;
6. здійснюють подачу води в систему;
7. перевіряють відновлення роботи візка;
8. тимчасово припиняють подачу води для опускання товкачів;
9. повторно подають воду в машину;
10. контролюють роботу всіх візків, особливо відремонтованого;
11. перевіряють момент розчеплення з планкою та початок опускання штока засувки.

Оскільки кожна дощувальна машина типу «Фрегат» має індивідуальну схему розміщення дощувальних апаратів і форсунок, перед початком роботи обов'язково перевіряють відповідність їх фактичного розташування паспортній схемі.

Перед пуском машини встановлюють товкачі коліс у підняте положення, а рукоятку крана регулювання швидкості переводять у положення «Закрито».

Далі проводять візуальний контроль роботи дощувальних апаратів. Вони повинні обертатися рівномірно, без зупинок і ривків. У разі виявлення порушень обертання або надмірної швидкості усувають відповідні несправності.

Після перевірки дощувальних апаратів регулюють гвинти-розсікачі таким чином, щоб зменшення дальності струменя не перевищувало 0,6 м. При цьому форма струменя та характер обертання апаратів не повинні змінюватися.

Також перевіряють сектор поливу кінцевого дощувального апарата, який повинен становити приблизно 200° (по 100° з кожного боку трубопроводу). У разі відхилень виконують регулювання положення перемикаючих хомутів.

Нормальним режимом роботи машини вважається такий, при якому за встановленого робочого тиску трубопровід має плавну дугоподібну форму з прогином у напрямку руху машини [8, 24, 25].

Стійкість роботи та режими функціонування машини залежать від ряду факторів, зокрема рельєфу місцевості, вітрових навантажень, типу сільськогосподарських культур, норми поливу та технічного стану обладнання.

Після завершення поливного сезону проводять обов'язкове технічне обстеження дощувальної техніки. Визначають стан вузлів і деталей, виконують необхідні ремонтні роботи та планують обсяги консервації обладнання.

У разі тривалого припинення експлуатації зрошувальної мережі здійснюють демонтаж дощувальних машин та їх зберігання у складських приміщеннях.

Консерваційні заходи спрямовані на запобігання корозії та пошкодженню основних вузлів і агрегатів. Вони включають промивання трубопроводів і дощувальних апаратів, демонтаж елементів стабілізації, зливних клапанів, електрообладнання та акумуляторів, а також їх зберігання у сухих закритих приміщеннях.

Технічне обслуговування дощувальних машин передбачає своєчасне виконання профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення їх безперебійної роботи.

Щозмінне технічне обслуговування машини «Фрегат» включає контроль робочого тиску, перевірку лінійності трубопроводу, надійності кріплення опор, відсутності витоків у з'єднаннях, рівномірності роботи гідроциліндрів і дощувальних апаратів, а також справності гідрозахисту [25].

З урахуванням сезонності роботи передбачають як короткочасне, так і тривале (зимове) зберігання машин. При короткочасному зберіганні (до двох місяців) машина залишається у комплектному стані під належною охороною.

При тривалому зберіганні виконують очищення, промивання, фарбування та антикорозійний захист усіх вразливих елементів. Стан консервації перевіряють щомісяця, а у разі виявлення корозії захисне покриття відновлюють. Підготовка до експлуатації здійснюється згідно із заводською інструкцією [25].

Після кожного циклу роботи виконують змащення основних вузлів, а після кожних трьох обертів – додаткову перевірку кріплень, фільтрів і зливних клапанів.

На зимовий період машину промивають, переводять у транспортне положення, демонтують дощувальні апарати, шланги, манометри та інші елементи, які зберігають на складі. Злив води з гідроциліндрів є обов'язковим. Різьбові з'єднання змащують солідолом, а відкриті отвори герметизують дерев'яними пробками або клоччям.

4.5 Експлуатація трубопровідної арматури

Лінійні елементи системи включають, зокрема, арматуру, яка відіграє ключову роль у її функціонуванні. Перед запуском води всі такі споруди обов'язково проходять ремонт і доводяться до належного технічного стану.

Пошкодження трубопроводів, що потребують негайного усунення після осушення системи, зазвичай пов'язані з порушенням муфтових, розтрубних, фланцевих та інших типів з'єднань. Також можливі тріщини в трубах, їх повне руйнування, дефекти арматури й фасонних елементів у колодязях, а також зриви колін на поворотах.

Основне завдання експлуатації запірно-регулюючої арматури в закритих зрошувальних мережах полягає у забезпеченні її збереження, регулярного контролю та підтримання справності [18, 26, 34 та ін.].

Причини виникнення таких несправностей здебільшого пов'язані з нерівномірним осіданням основ під трубопроводами та колодязями, де розташовані арматура і фасонні частини. Додатковими чинниками є гідравлічні удари та відсутність належних упорів для колін і трійників [32].

Тріщини у фасонних елементах (як поздовжні, так і поперечні) підлягають зварюванню. Для точного визначення їх меж попередньо очищають поверхню від гідроізоляції та іржі, після чого змочують гасом. Через приблизно 30 хвилин поверхню витирають і покривають крейдою або зубним порошком. Легкі удари

молотком спричиняють вібрацію, завдяки якій гас проявляється на поверхні й чітко окреслює тріщину [18, 32, 34].

Ремонт засувки безпосередньо на місці допускається лише у випадках обриву гвинта або коли механізм не забезпечує повного ходу (не здійснює повної кількості обертів). При обриві гвинта його демонтують і встановлюють новий, попередньо розібравши сальникову набивку.

4.6 Експлуатація колекторно-дренажної мережі

Під час експлуатації колекторно-дренажної мережі необхідно забезпечувати постійний контроль за станом закритих колекторів і оглядових колодязів. Важливими складовими є регулярне промивання та очищення дренажів і колекторів, а також видалення наносів із колодязів. Зокрема, перед початком весняної повені гирло колектора слід обов'язково очистити від снігу та сміття [26, 34].

Для перевірки стану дренажів уздовж їх траси виконують шурфування з інтервалом приблизно 10–20 м, при цьому з кожного шурфу виймають по кілька дренажних трубок. Ділянки, засмічені кореневою системою рослин, підлягають очищенню. Якщо необхідно прочистити протяжні відрізки дренажів, їх розкривають через кожні 20–30 м. Ефективним методом видалення наносів є використання спеціалізованих промивних машин.

Для контролю технічного стану дренажних систем доцільно проводити регулярні огляди та нівелювання, а також систематично спостерігати за обсягами дренажного стоку і змінами рівня ґрунтових вод [18, 26, 34].

Надійність і довговічність функціонування всієї системи значною мірою визначається правильно організованою експлуатацією. Її мета полягає не лише у своєчасному виявленні та усуненні дефектів, а й у їх попередженні. Дренажна мережа та всі її споруди повинні постійно утримуватися у справному стані.

Перелік експлуатаційних заходів у зимовий період залежить від кліматичних умов і рівня зволоження території. У цей час персонал забезпечує своєчасне відведення води, запобігає замулюванню дренажу та мінімізує негативний вплив льодових утворень на гирлові споруди [18, 34].

Таким чином, експлуатаційний нагляд передбачає систематичне спостереження за роботою дренажної системи, виявлення причин порушень у функціонуванні її елементів, визначення потенційно аварійних ділянок, а також контроль водного режиму за допомогою спостережних свердловин.

5. ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ДІЛЯНЦІ ЗРОШЕННЯ

5.1 Організація ремонтних робіт

Залежно від характеру та обсягів робіт, ремонти поділяють на три основні види: поточний, капітальний і аварійний. Поточні та капітальні ремонти виконуються відповідно до річних планів експлуатаційних заходів управлінь гідромеліоративних систем, тоді як аварійні здійснюються у позаплановому порядку.

Поточний ремонт проводять щороку або за потреби на спорудах та інших елементах зрошувальної мережі. Його головна мета – усунення незначних деформацій і пошкоджень, які не потребують зміни конструкції об'єктів [33, 34].

Окремим різновидом поточного ремонту є профілактичний (попереджувальний). Він передбачає систематичне виконання робіт, спрямованих на запобігання можливим пошкодженням. До таких заходів належать ліквідація ходів землерийних тварин, герметизація тріщин, очищення отворів дорожніх споруд і шлюзів-регуляторів від сміття. Значну частину профілактичних і поточних робіт виконують без припинення роботи меліоративної системи.

Обстеження трубопроводів і споруд зрошувальної мережі зазвичай проводять восени, після завершення поливного сезону. За його результатами складають дефектні відомості, в яких зазначають перелік об'єктів, що потребують ремонту, а також види й обсяги необхідних робіт. На їх основі формують плани поточного та капітального ремонту [18, 26, 33, 34].

Капітальний ремонт виконують періодично (раз на кілька років) у випадках, коли поточні заходи вже не забезпечують надійну та безперебійну роботу системи [18, 34]. Його мета – усунення значних деформацій шляхом часткової або повної заміни елементів і конструкцій.

Капітальний ремонт може бути:

- комплексним – охоплює всі об'єкти, що потребують відновлення;
- вибіркоvim – спрямований на окремі споруди або їх елементи, що зазнали найбільшого зносу.

Вибірковий ремонт часто є більш доцільним, оскільки дозволяє мінімізувати вплив на роботу всієї системи.

Для виконання масштабних капітальних ремонтів розробляється проєктно-кошторисна документація. Вибіркові ремонти зазвичай проєктують в одну стадію, тоді як комплексні – у дві (проєкт і робоча документація).

Аварійні ремонти здійснюються із залученням усіх необхідних матеріально-технічних ресурсів і трудових резервів. Це вимагає створення на об'єктах запасів матеріалів, обладнання та інструментів. Такі роботи, як і регулюючі або протипаводкові заходи у надзвичайних випадках, виконують поза планом на підставі актів спеціальних комісій [26, 34].

Для визначення кошторисної вартості ремонтів обсяги робіт встановлюють:

- для поточного і нескладного капітального ремонту – за дефектними відомостями та кресленнями;
- для складних і масштабних капітальних робіт – за зведеними відомостями, передбаченими проєктною документацією.

Поточні та капітальні ремонти виконують відповідно до річних планів, які є складовою загального плану експлуатаційних заходів. У цих планах визначають строки виконання робіт, їх обсяги, а також потребу в робочій силі, матеріалах, техніці та транспорті з урахуванням чинних норм [26, 33, 34].

Перед початком ремонтних робіт необхідно вирішити комплекс організаційних питань: забезпечити об'єкти матеріалами, технікою і трудовими ресурсами, організувати їх доставку, підготувати виробничі та складські приміщення, створити належні побутові умови для персоналу, уточнити план робіт на місці та розподілити завдання між бригадами.

Пошкодження, що виникають у період зрошення і можуть призвести до аварій, ліквідовують негайно силами експлуатаційних служб. Для цього створюють аварійні бригади.

У разі отримання сигналу про аварію диспетчер повинен негайно відключити пошкоджену ділянку від водопостачання та спорожнити відповідну частину мережі. Одночасно він інформує керівництво і забезпечує оперативне направлення техніки та персоналу до місця події. Керівники технічних підрозділів зобов'язані особисто контролювати та організовувати ліквідацію аварії [26, 33, 34].

5.2 Ремонт закритої зрошувальної мережі і споруд на ній

Ремонт закритої зрошувальної мережі спрямований на забезпечення її справності та безперебійної роботи протягом усього зрошувального сезону. Головна мета – гарантувати стабільне водопостачання для поливу сільськогосподарських культур.

На таких мережах, залежно від потреби, виконують поточний і капітальний ремонти, а також профілактичний – як різновид поточного. Останній здійснюється регулярно під час щоденного огляду та технічного обслуговування системи [26, 33, 34].

У перші роки експлуатації закритих зрошувальних мереж найпоширенішим видом відновлювальних робіт є аварійний ремонт, що пов'язано з виявленням початкових дефектів і недоліків будівництва або налагодження системи.

Для оперативного реагування на аварії заздалегідь планують необхідні ресурси: персонал, техніку та матеріали. Підставою для проведення ремонту є заявка від гідротехніка господарства, у якій зазначають місце пошкодження, його характер, а також дані про пошкоджений трубопровід чи інший елемент мережі.

Ліквідація аварій виконується у чіткій послідовності: спочатку пошкоджену ділянку відключають від системи та, за можливості, звільняють від води.

Далі до місця робіт доставляють ремонтну бригаду, техніку й матеріали, виконують земляні роботи, замінюють пошкоджені елементи (труби, муфти тощо). Після цього трубопровід знову заповнюють водою, а котлован засипають із подальшим плануванням поверхні.

Під час поливного періоду основні ремонтні заходи зосереджені на ліквідації аварійних пошкоджень, зокрема: розривів труб, протікань у місцях з'єднань, дефектів муфт і фасонних частин, несправностей запірно-регулюючої та запобіжної арматури, а також на заміні контрольно-вимірювальних приладів.

Аварії на трубопроводах зазвичай виникають тоді, коли міцність окремих елементів виявляється недостатньою для сприйняття фактичних навантажень. Основними причинами є відхилення від нормативів під час проєктування, будівництва або експлуатації системи [34].

Для ефективної організації ремонтних робіт на експлуатаційних ділянках створюють постійні спеціалізовані ремонтні бригади.

Ремонт земляних споруд включає комплекс заходів: підсіпку земляних валів, усунення тріщин і пустот, ліквідацію нір тварин із подальшим ущільненням ґрунту, боротьбу з фільтраційними втратами, відновлення кріплень, а також підсів багаторічних трав [34].

Відновлення облицювання регулюючих басейнів здійснюється із застосуванням бетонних і залізобетонних покриттів (монолітних або збірних). Також використовують біологічні методи укріплення – одернування та засівання травами. У разі руйнування стиків між плитами під них додають гравійно-піщану основу. Якщо спостерігається випучування ґрунту або зміщення плит, їх демонтують, основу замінюють на гравійно-піщану суміш і виконують повторне укладання [34].

5.3 Планування та фінансування заходів планово-попереджувальних ремонтів

Усі роботи, передбачені системою планово-попереджувальних ремонтів на зрошувальному масиві, виконуються відповідно до річних планів (графіків), які затверджує керівник або власник ТОВ «Криворіжхарчторг».

У цих планах визначають строки проведення технічних оглядів, експлуатаційних заходів, поточних і капітальних ремонтів із помісячним розподілом. Капітальні ремонти планують для конкретних об'єктів або їх окремих елементів.

Під час розроблення планів капітального ремонту враховують нормативну періодичність його виконання з урахуванням фактичного технічного стану споруд, а також кліматичних, гідрогеологічних та інших умов експлуатації.

Плани ремонтів формують на основі результатів технічних оглядів внутрішньогосподарської мережі та споруд, дефектних відомостей, а також проєктно-кошторисної документації. При цьому враховуються встановлені обсяги фінансування, передбачені кошторисами та виробничо-фінансовими планами землекористувача [35, 36, 37, 38].

У планах поточного ремонту передбачають резерв коштів (до 20 %) для виконання непередбачених, зокрема аварійних, робіт [37].

Річні плани капітального ремонту складаються як у вартісному, так і в натуральному вираженні та включають: затверджений перелік об'єктів ремонту; найменування та обсяги робіт по кожному об'єкту; кошторисну вартість; календарні графіки виконання; потребу в матеріалах, техніці, транспорті та трудових ресурсах.

За необхідності допускається коригування річних планів на підставі додаткових угод між замовниками й експлуатаційними організаціями, а також у разі зміни фінансування, виникнення аварій або впливу стихійних явищ.

Для оперативної ліквідації аварій на внутрішньогосподарській зрошувальній мережі створюють аварійний запас матеріалів. Його обсяги визначаються у

відсотках від балансової вартості основних меліоративних фондів із розрахунку на 1 млн грн.

Пошкодження аварійного або непередбаченого характеру усуваються в першочерговому порядку, а у випадках загрози для персоналу – негайно. При цьому одночасно оформлюється виконавча документація та, за потреби, уточняється проєктно-кошторисна база і коригується план ремонтних робіт [34].

Уся технічна документація, що обґрунтовує необхідність і обсяги ремонтів, а також їхню вартість, оформлюється відповідно до встановлених вимог. Обсяги робіт визначаються на підставі інструментальних вимірювань (нівелювання, лінійні проміри тощо), а також дефектних актів і відомостей. Терміни та послідовність виконання робіт встановлюються затвердженими планами [34].

У випадку аварій ремонтно-будівельні роботи виконуються поза планом на підставі актів спеціальних комісій, затверджених уповноваженими водогосподарськими органами. Для цього використовують наявні аварійні запаси матеріалів із подальшим їх поповненням.

Технічний контроль за виконанням робіт здійснюється залежно від способу їх організації: при підрядному способі – керівництвом ремонтно-будівельних робіт, а при господарському – інженерно-технічним персоналом, відповідальним за експлуатацію зрошувальної мережі [33].

6. ОЦІНКА ВПЛИВУ МАСИВУ ЗРОШЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

6.1 Ґрунтовий покрив

Ґрунтовий покрив території проєктованого зрошуваного масиву представлений переважно чорноземами звичайними середньопотужними малогумусними важкосуглинковими, які займають основну площу – 654,8 га. Дані ґрунти поширені переважно на вододільних ділянках та схилах помірної крутизни.

На схилах середньої крутизни поширені слабкозмиті різновиди чорноземів, площа яких становить 88,9 га. У днищах балок та улоговинах поверхневого стоку сформувалися намиті ґрунти загальною площею 32,3 га.

Характерною особливістю ґрунтового покриву є значна потужність гумусового горизонту, яка коливається в межах 76–85 см, а вміст гумусу становить 3,6–4,1 %, що свідчить про достатньо високий рівень природної родючості. Ґрунтоутворюючими породами виступають еолово-делювіальні лесоподібні важкі суглинки [12].

У процесі експлуатації зрошувальної системи на ґрунтовий покрив здійснюється комплексний техногенний вплив, пов'язаний із особливостями ведення зрошуваного землеробства [14, 15, 39].

Основними чинниками впливу є:

- штучне зволоження ґрунтів із застосуванням дощувальних машин, що за певних умов може спричиняти розвиток іригаційної ерозії, локальний розмив поверхні, ущільнення верхнього шару ґрунту та формування ґрунтової кірки на площі 654,8 га;
- інтенсифікація сільськогосподарського виробництва на зрошуваних землях, яка супроводжується підвищенням винесенням органічних, біогенних та

мінеральних речовин унаслідок збільшення врожайності сільськогосподарських культур.

З метою мінімізації негативного впливу зрошення на ґрунтовий покрив у проєкті передбачено використання дощувальних машин типу «Фрегат», які забезпечують інтенсивність дощу в межах 0,2–0,3 мм/хв. Зазначений показник не перевищує водопоглинальну здатність ґрунтів досліджуваного масиву, що становить 0,49 мм/хв, і тим самим виключає виникнення поверхневого стоку та розвитку іригаційного розмиву.

Для забезпечення екологічно безпечної експлуатації зрошувальної системи прийнято науково обґрунтовані поливні норми, які становлять: до 400 м³/га для просапних культур; до 600 м³/га для багаторічних трав і культур суцільного посіву.

Запроєктовані технічні рішення дозволяють забезпечити раціональний водний режим ґрунтів без порушення їх природної структури та водно-фізичних властивостей.

Масштаб впливу охоплює всю площу зрошуваного масиву та становить 654,8 га.

Інтенсивність впливу визначається параметрами штучного дощування і характеризується інтенсивністю подачі води 0,2–0,3 мм/хв при максимальних поливних нормах до 600 м³/га.

Динамічність впливу – в теплий період року;

Тривалість впливу – постійно на весь період експлуатації.

З метою підтримання та відновлення родючості ґрунтів на зрошуваному масиві проєктом передбачено систематичне внесення мінеральних та органічних добрив у підвищених нормах, що компенсує інтенсивне винесення поживних речовин із урожаєм сільськогосподарських культур [40]. Розрахункові норми внесення добрив для окремих полів сівозміни наведено в таблиці 6.1 [41].

Таблиця 6.1 - Норми внесення мінеральних і органічних добрив [41]

№	Сільськогосподарська культура	Норми внесення в діючій речовині, кг/га			Перегній, т/га
		N	K ₂ O	P ₂ O	
1	2	3	4	5	6
1	Люцерна другого року	0	45	50	-
2	Люцерна третього року	0	45	50	-
3	Озима пшениця + кукурудза на з/к	180	120	40	30
4	Соя				
5	Кукурудза на зерно	180	120	30	30
6	Кукурудза на силос	180	100	60	30
7	Озима пшениця + літній посів люцерни	120	120	60	30
В середньому		94	78	41	17

Масштаб впливу системи удобрення поширюється на всю площу зрошувального масиву та становить 654,8 га.

Інтенсивність агрохімічного навантаження характеризується середніми показниками внесення добрив:

- азот – 94 кг/га;
- калій – 78 кг/га;
- фосфор – 41 кг/га;
- органічна речовина – 17 т/га.

Внесення добрив здійснюється диференційовано залежно від біологічних потреб культур та технологічних особливостей їх вирощування.

За часовими характеристиками вплив має сезонний характер і реалізується в декілька етапів: під основний обробіток ґрунту (зяблеву оранку); безпосередньо під посів; у вигляді вегетаційних підживлень, зокрема шляхом внесення добрив, розчинених у поливній воді.

Тривалість впливу є постійною протягом усього періоду експлуатації зрошувальної системи.

Глибина залягання ґрунтових вод у межах зрошуваного масиву становить 10–15 м, а рівень їх мінералізації знаходиться в межах 1–2 г/л. За таких гідрологічних умов небезпека підтоплення або вторинного засолення ґрунтів є мінімальною, у зв'язку з чим улаштування дренажної системи проєктом не передбачається.

Для постійного контролю за змінами рівня ґрунтових вод і своєчасного виявлення можливих негативних процесів на території масиву передбачено облаштування шести спостережних свердловин.

6.2 Поверхневі води

Найближчим до масиву зрошення водним об'єктом є р. Кам'янка, яка використовується як джерело зрошення та приймач поверхневого стоку.

Довжина річки становить 7,4 км. Площа водозбірного басейну – 1175 км². Об'єм водосховища складає 1,2 млн м³, площа водного дзеркала – 133 га.

На поверхневі води впливають такі види проєктної діяльності:

- забір води на зрошення в обсязі 1,2 млн м³/рік;
- скид поверхневих, дощових і талих вод із території зрошення, що можуть містити продукти ерозії, мінеральні добрива та пестициди.

Інтенсивність впливу характеризується максимальною витратою насосної станції 360 л/с та обсягом водозабору 1,2 млн м³/рік.

Максимальне навантаження спостерігається в літній період.

Тривалість впливу – протягом усього періоду експлуатації системи.

Річний винос сорбованого та розчиненого азоту поверхневим стоком визначають за формулою [42, 43]:

$$B_N^{nc} = \omega \cdot (K_2 N_y + 0,002 N_0 + 0,66 N_n + N_e) + \gamma (K_1 N_y + 0,002 N_0 + 0,07 N_n), \quad (6.1)$$

де « B_N^{nc} - річний винос азоту поверхневим стоком, кг/га; N_y - норма внесення мінерального добрива під відповідну культуру, кг/га; N_0 - норма внесення органічного добрива, кг/га; N_n - кількість рухливого азоту в орному шарі, кг/га; N_g - вміст мінерального азоту в орному шарі, кг/га; K_1 - коефіцієнт, що характеризує кількість рухливих форм азоту в орному шарі після фіксації ґрунтом і засвоєння мікроорганізмами, газоподібних втрат в атмосферу, виносом врожаю сільськогосподарських культур, $K_1 = 0,03$; K_2 - коефіцієнт, що характеризує кількість азоту в орному шарі фіксованого ґрунтом і засвоєного мікроорганізмами азотних добрив, $K_2 = 0,35$; ω - коефіцієнт, що характеризує долю виносу азоту з поверхні орного шару ґрунту (для чорноземів звичайних і південних $\omega = 2,8 \cdot 10^{-5}$); γ - коефіцієнт, що характеризує долю виносу розчиненого азоту поверхневим стоком з об'єму ґрунтового розчину в орному шарі ґрунту (для чорноземів звичайних і південних $\gamma = 6 \cdot 10^{-3}$)» [42].

Річний винос сорбованого фосфору поверхневим стоком (B_p^{nc}) визначаються за формулою

$$B_p^{nc} = \omega \cdot (n_2 P_y + n_3 P_0 + n_4 P_n + P_g), \quad (6.2)$$

де P_y - кількість (норма) міндобрива, що вноситься, кг/га; P_0 - кількість органічного добрива, що вноситься, кг/га; P_n - кількість рухомого мінерального фосфору в шарі 0-30 см. Приймаємо $P_n = 520$ кг/га; P_g - кількість вагового фосфору в шарі 0-30 см. Приймаємо – $P_g = 6300$ кг/га; n_2 - коефіцієнт. Приймаємо $n_2 = 0,26$; n_3 - коефіцієнт. Приймаємо $n_3 = 0,28$ [42].

Винесення з поверхневим (B_k^{nc}) стоком калію (сорбованого і розчиненого) розраховуємо за формулою

$$B_k^{nc} = \omega \cdot (0,2K_y + 0,0012K_0 + 0,008K_\epsilon + K_\epsilon) + \gamma[(0,2K_y + 0,0012K_0 + 0,008K_\epsilon) \cdot 0,018], \quad (6.3)$$

де K_y - кількість мінерального добрива, що вноситься, кг/га; K_0 - кількість органічного добрива, що вноситься, кг/га; K_ϵ - кількість калію у шарі ґрунту 0-30 см, кг/га. Приймаємо $K_\epsilon = 52000$ кг/га [42].

Вміст нітратного та амонійного азоту у поверхневому стоці за обраний гідрологічний період обчислюється з використанням відповідних розрахункових залежностей

$$C_{NO_3}^{nc} = \frac{4,5 \cdot 10^3 \cdot B_N^{nc} \cdot \alpha \cdot \Phi}{W^{nc}}; \quad (6.4)$$

$$C_{NH_4^+}^{nc} = \frac{1,28 \cdot 10^3 \cdot B_N^{nc} \cdot \beta \cdot \Phi}{W^{nc}}; \quad (6.5)$$

де $C_{NO_3}^{nc}$, $C_{NH_4^+}^{nc}$ - концентрації відповідно нітратів і амонійного азоту, мг/л; W^{nc} - поверхневий стік за період розрахунку м³/га; α, β - коефіцієнти, що відображають вміст нітратного та амонійного азоту у поверхневому стоці; Φ - Модульний коефіцієнт слугує для перерахунку середньорічних концентрацій у максимальні для заданого періоду та забезпеченості. Приймаємо - 0,56 [42].

Значення коефіцієнтів α та β , які характеризують співвідношення форм азоту в поверхневому стоці, встановлюються залежно від типу ґрунтового покриття. Приймаємо $\alpha = 0,86$ та $\beta = 0,24$.

У поверхневому стоці концентрацію фосфору розраховуємо так

$$C_p^{nc} = \frac{B_p^{nc} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W^{nc}}, \quad (6.6)$$

де B_p^{nc} - кількість фосфору сорбованого, що виноситься за рік з поверхневим стоком, кг/га.

У поверхневому стоці концентрацію калію (C_k^{nc}) обчислюємо за формулою

$$C_k^{nc} = \frac{B_k^{nc} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W^{nc}}, \quad (6.7)$$

де B_k^{nc} - річний винос калію з поверхневим стоком, кг/га.

Результати розрахунків виносу та концентрацій біогенних елементів у поверхневому стоці із зрошуваного масиву, а також їх порівняння з гранично допустимими концентраціями для водних об'єктів доцільно представити у вигляді таблиці (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 - Обсяги виносу біогенних речовин, їх концентрації та гранично допустимі значення у поверхневому стоці

№ поля	Площа поля, га	Річний виніс речовин, кг/га			Концентрація речовин в поверхневому стоці, мг/л				Граничнодопустимі концентрації речовин, мг/л			
		N	P	K	NO ₃	NH ₄	P	K	NO ₃	NH ₄	P	K
1	74,9	0,378	0,181	1,514	4,31	0,342	0,533	4,462	40,0	0,5	0,1	50,0
2	92,5	0,379	0,181	-	4,32	0,343	0,533	-				
3	92,5	0,379	0,181	-	4,32	0,343	0,533	-				
4	106,2	0,379	0,181	1,514	4,32	0,343	0,533	4,462				
5	111,3	0,382	0,181	1,514	4,36	0,346	0,533	4,462				
6	111,3	0,387	0,181	1,514	4,41	0,350	0,533	4,462				
7	66,1	0,380	0,181	-	4,33	0,344	0,533	-				

За прийнятої системи внесення мінеральних та органічних добрив окремі показники концентрації біогенних речовин у поверхневому стоці перевищують гранично допустимі значення. У зв'язку з цим необхідним є впровадження

комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення винесення поживних речовин із поверхневим стоком [42].

Для запобігання забрудненню водних ресурсів р. Кам'янка продуктами ерозії, агрохімікатами та засобами захисту рослин проектом передбачено комплекс організаційно-господарських, агротехнічних, гідромеліоративних, гідротехнічних і лісомеліоративних заходів.

Організаційно-господарські заходи:

- дотримання нормативних вимог щодо транспортування, зберігання та внесення добрив і пестицидів;
- заборона внесення добрив по сніговому покриву;
- суворе дотримання встановлених норм внесення з рівномірним розподілом по площі;
- обмеження авіаційної обробки посівів за несприятливих умов;
- поєднання хімічних методів захисту з агротехнічними та біологічними;
- використання лише дозволених до застосування препаратів відповідно до чинного переліку;
- обладнання спеціалізованих складів і майданчиків для зберігання та підготовки агрохімікатів [39].

Агротехнічні заходи:

- застосування оптимальних доз добрив залежно від культури та запланованої врожайності;
- внесення фосфорно-калійних добрив під основний обробіток ґрунту;
- внесення азотних добрив навесні із загортанням на глибину оранки;
- використання малорухомих форм азотних добрив;
- оптимізація густоти посівів для підвищення засвоєння поживних речовин;
- систематичний міжрядний обробіток просапних культур;
- проведення вапнування за необхідності.

При застосуванні пестицидів необхідно:

- обґрунтовувати доцільність хімічних обробок;
- застосовувати мінімально ефективні дози;
- використовувати гранульовані форми ґрунтових препаратів;
- надавати перевагу препаратам короткочасної дії.

Гідромеліоративні заходи:

- дотримання нормативних відстаней розміщення орних земель від урізу води;
- проведення оранки паралельно береговій лінії із збереженням захисної лугової смуги;
- регулювання інтенсивності дощування з недопущенням поверхневого стоку.

Гідротехнічні заходи:

- спорудження протиерозійних об'єктів;
- улаштування водойм-накопичувачів для затримання і очищення стоку;
- повторне використання поверхневого та дренажного стоку;
- облаштування прибережних захисних смуг і водоохоронних зон.

Лісомеліоративні заходи:

- створення водоохоронних лісосмуг у межах прибережних захисних територій.

Реалізація зазначених заходів забезпечує зниження антропогенного навантаження на водні об'єкти та мінімізує ризик забруднення поверхневих вод у межах експлуатації зрошувального масиву.

6.3. Підземні води

У межах масиву зрошення найближчим до поверхні водоносним горизонтом є горизонт ґрунтових вод, приурочений до еолово-делювіальних четвертинних відкладів. Його поширення охоплює всю територію зрошуваного масиву.

Глибина залягання ґрунтових вод переважно становить 10,0–15,0 м від поверхні землі. Мінералізація вод коливається в межах 1,0–2,0 г/л. За хімічним складом ґрунтові води характеризуються як сульфатно-гідрокарбонатні магнієво-натрієво-кальцієві.

Водотривом є червоно-бурі глини, що залягають на глибині 15–30 м. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і частково зрошувальних вод, а розвантаження відбувається в р. Кам'янка [13].

Природні гідрогеологічні умови території характеризуються високим ступенем дренаваності, тому влаштування штучного дренажу проєктом не передбачається.

За результатами прогнозних розрахунків експлуатація зрошувальної системи зумовить поступове підвищення рівня ґрунтових вод без суттєвого порушення гідрогеологічного режиму. Очікуваним наслідком є незначне збільшення підземного живлення р. Кам'янка.

Для контролю рівневого режиму та хімічного складу ґрунтових вод на території масиву передбачено облаштування шести спостережних свердловин.

Масштаб впливу охоплює всю площу зрошення – 654,8 га.

Інтенсивність впливу характеризується незначним підвищенням рівня ґрунтових вод.

Максимальна динаміка змін прогнозується у весняний період.

Тривалість впливу – протягом усього періоду експлуатації зрошувальної системи.

7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

7.1 Визначення сумарних щорічних меліоративних витрат

При оцінці економічної ефективності водокористування на ділянці зрошення ТОВ «Криворіжхарчоторг» Криворізького району Дніпропетровської області виконано порівняння двох варіантів господарювання.

Перший варіант передбачає вирощування сільськогосподарських культур в умовах природного зволоження без застосування зрошення.

Другий варіант передбачає водокористування із застосуванням проектного режиму зрошення, визначеного за методом Алпатьєва для року 75 %-ї забезпеченості природним зволоженням.

Порівняльний аналіз зазначених варіантів дозволяє визначити економічну доцільність зрошення та оцінити ефективність використання водних ресурсів.

Для внутрішньогосподарської зрошувальної мережі сумарні щорічні витрати визначаються за формулою [44, 45]

$$C_{\text{мел}}^{\text{сум}} = A + 3n + E + П_{\text{м}} + A_{\text{д}} + Kp + Пр + Ін, \quad (7.1)$$

де A - сума амортизаційних відрахувань, грн; $3n$ - річний фонд оплати праці обслуговуючого персоналу, грн; E - витрати на оплату електроенергії, грн; $П_{\text{м}}$ - витрати на паливно-мастильні матеріали, грн; $A_{\text{д}}$ - адміністративно-господарські затрати, грн; Kp - витрати на проведення капремонту, грн; $Пр$ - витрати на поточне ремонтне обслуговування, грн; $Ін$ - інші експлуатаційні витрати, грн.

Розмір амортизаційних відрахувань для основних виробничих фондів внутрішньогосподарської зрошувальної мережі розраховують за формулою

$$A = \frac{\alpha \cdot ПВ}{100}, \quad (7.2)$$

Вартість поточних ремонтів обчислюємо за формулою

$$A_{n.p.} = \frac{\alpha_{n.p.} \cdot ПВ}{100}, \quad (7.3)$$

де α і $\alpha_{n.p.}$ - вартість окремих елементів зрошувальної системи в розрахунку на 1 га зрошуваної площі; $ПВ$ - їх первісна балансова вартість, грн.

Визначення амортизаційних відрахувань, а також витрат на поточний і капітальний ремонт виконано в табличній формі. Результати розрахунків наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Розрахунок амортизаційних відрахувань та витрат на поточний ремонт

Елемент зрошувальної мережі	Початкова вартість, грн.		Амортизаційні відрахування		Поточний ремонт		Капітальний ремонт	
	на 1га	всього	%	грн	%	грн	%	грн
Внутрішньогосподарська мережа	6000	3928800	4	157152,0	2	78 576,0	2,3	90362,4
Колекторно-дренажна мережа 54,9 га	1500	982200	3,8	37323,6	0,5	4 911,0	3,1	30448,2
Дороги	800	523840	2	10476,8	4	20 953,6	5	26192,0
Лісосмуги	100	65480	2,5	1637,0	1	654,8	1,5	982,2
Разом		5500320,0		206589,4		105 095,4		147984,8

Річний фонд оплати праці обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою

$$ЗП = \sum ЗП \cdot 12, \quad (7.4)$$

де $\sum ЗП$ - сумарна плата штату, грн/рік.

Розрахунок фонду оплати праці експлуатаційного персоналу наведено в таблиці 8.2.

Оскільки подача води здійснюється через закриту зрошувальну мережу, витрати, пов'язані з очищенням каналів від наносів, не передбачаються.

Витрати на електроенергію визначають за формулою:

$$BEE = 0,004 \cdot M \cdot H \cdot F \cdot C_e, \quad (7.5)$$

M - середньозважена зрошувальна норма бруто, м³/га; H - розрахунковий напір НС, м; F - зрошувана площа, га; C_e - тариф на 1 кВт·год електроенергії, грн. Для розрахунків прийнято тариф на електроенергію для споживачів другої категорії (лінія 10 кВ), який складає 8,25 грн/кВт·год [46].

Таким чином, розрахункова вартість електроенергії становить

$$BEE = 0,004 \cdot 2981,64 \cdot 90 \cdot 654,8 \cdot 8,25 = 5\,798\,560 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 - Розрахунок заробітної плати експлуатаційного штату

Посада	Кількість одиниць	Заробітна плата за місяць, грн.	Міс.	Заробітна плата за рік, грн.
Інженер-гідротехнік	1	15200	9	136800
Оператор ДМ	3	12000	5	180000
Всього:	4			316800
Відрахування (22 %):				69696
Разом:				386496

Витрати на паливно-мастильні матеріали приймаються у розмірі 10 % від вартості електроенергії та становлять 579856 грн [44, 45].

Адміністративно-господарські витрати визначаються з нормативу 50 грн/га

$$AGB = 50 \cdot 654,8 = 32740 \text{ грн.}$$

Інші експлуатаційні витрати приймаються в розмірі 10 % від загальної суми основних витрат.

Після визначення всіх складових сумарні витрати на водокористування в ТОВ «Кривийрігхарчоторг» розраховують за формулою (8.1)

$$C_{\text{мел}}^{\text{сум}} = 206589,4 + 386496 + 5798560 + 579856 + 32740 + 147984,9 + 105095,4 + 725730 = 7\,983\,060 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальні річні витрати на експлуатацію зрошувальної системи становлять 7 983 060 грн.

Після цього визначають питомі витрати на 1 га зрошуваної площі за формулою

$$C_{\text{мел}}^{\text{пит}} = \frac{C_{\text{мел}}^{\text{сум}}}{F_{\text{нетто}}}, \quad (8.6)$$

Для даного об'єкта

$$C_{\text{мел}}^{\text{пит}} = \frac{7\,983\,060}{654,8} = 12191,6 \text{ грн/га.}$$

Отриманий показник характеризує річні витрати на утримання системи в розрахунку на 1 га зрошуваної площі.

Наступним етапом є визначення питомих витрат на 1 м³ зрошувальної води, поданої в господарство.

$$C_{\text{мел}}^{\text{пит}} = \frac{C_{\text{мел}}^{\text{сум}}}{W_{\text{нетто}}}, \quad (8.7)$$

$$C_{\text{мел}}^{\text{пит}} = \frac{7\,983\,060}{1952380} = 4,09 \text{ грн/м}^3.$$

7.2 Економічна ефективність водокористування на ділянці зрошення

Економічна ефективність упровадження зрошувальної сівозміни в господарстві оцінюється за показниками приросту валової продукції та додаткового чистого прибутку.

Зрошення підвищує інтенсивність сільського господарства та збільшує врожайність порівняно з природним зволоженням. Для порівняльної оцінки використано показники врожайності культур у роки 75 %-ї забезпеченості природним зволоженням. Урожайність сільськогосподарських культур для варіанта без зрошення прийнята як середньозважене значення відповідно до довідкових матеріалів [47].

Підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва на зрошуваних землях досягається за умови, що додаткові витрати на водокористування компенсуються зниженням собівартості продукції, збільшенням чистого прибутку та зростанням рівня рентабельності.

Для визначення економічної доцільності використання зрошення виконано розрахунок валового збору та вартості продукції на зрошуваному масиві. Результати розрахунків наведено в таблицях 7.3 і 7.4.

Таблиця 7.3 - Валова продукція і її вартість без зрошення

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн.	Вартість валової продукції	
					грн.	на 1 га
Люцерна 1 року	66,1	25,0	1653,0	180	297545,2	455,4
Люцерна 2 року	74,9	41,7	3121,8	180	561929,8	860,1
Люцерна 3 року	92,5	33,3	3084,3	180	555177,6	849,8
Озима пшениця	158,6	26,8	4244,1	895,8	3801897,0	5819,5
Кукурудза на силос	111,3	231,0	25710,3	90	2313927,0	3541,9
Кукурудза на зерно	111,3	23,7	2635,6	975	2569694,4	3933,4
Соя	106,2	16,0	1699,2	1960	3330432,0	5097,9
Просо	92,5	14,0	1295,0	1657,5	2146462,5	3285,6
Всього	654,8	х	х	х	15577065,5	23789,0

Використання зрошення при вирощуванні сільськогосподарських культур зумовлює зміну рівня виробничих витрат, які визначаються на основі фактичної собівартості продукції рослинництва з урахуванням проектного рівня врожайності.

Оцінка економічних показників дає можливість встановити вплив зрошення на обсяги валового виробництва та вартість отриманої продукції, а також визначити ефективність експлуатації зрошувальної системи.

Розрахунок валової продукції та її вартості в умовах функціонування зрошувальної системи наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Валова продукція та її вартість при зрошенні

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валова продукція, ц	Ціна за 1 ц, грн.	Вартість валової продукції	
					грн.	на 1 га
Люцерна 1 року	66,1	70	4627	180	832860	1274,9
Люцерна 2 року	74,9	100	7490	180	1348200	2063,7
Люцерна 3 року	92,5	90	8325	180	1498500	2293,7
Озима пшениця	158,6	60	9516	895,8	8524432,8	13048,3
Кукурудза на силос	111,3	450	50085	90	4507650	6899,8
Кукурудза на зерно	111,3	100	11130	975	10851750	16610,7
Соя	106,2	25,0	2655	1960	5203800	7965,4
Просо	92,5	23,6	2183	1657,5	3618322,5	5538,5
Всього	654,8	х	х	х	36385515,3	55567,4

Для зрошуваних земель витрати на виробництво продукції визначено з урахуванням експлуатаційних витрат на утримання зрошувальної мережі, а також додаткових трудових затрат, пов'язаних із забезпеченням функціонування системи.

Оскільки обсяги валового збору та вартість сільськогосподарської продукції за порівнюваними варіантами відрізняються, відповідно змінюються і показники продуктивності праці.

Розрахунок продуктивності праці для варіантів до та після впровадження експлуатаційних заходів наведено в таблицях 7.5 і 7.6.

Таблиця 7.5 – Показники продуктивності праці до впровадження експлуатаційних заходів

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Затрати праці, люд-дн		Продуктивність праці	
		на 1га	всього	ц на 1 люд-дн	грн на 1 люд-дн
Люцерна 1 року	66,1	7,7	509	3,25	584,60
Люцерна 2 року	74,9	8,5	637	4,90	882,64
Люцерна 3 року	92,5	7,8	722	4,27	769,48
Озима пшениця	158,6	7	1 110	3,82	3 424,52
Кукурудза на силос	111,3	6,9	768	33,48	3 013,04
Кукурудза на зерно	111,3	15,2	1 692	1,56	1 518,95
Соя	106,2	44	4 673	0,36	712,73
Просо	92,5	7,7	712	1,82	3 013,64
Всього	654,8	х	10 822	х	1 439

Таблиця 7.5 – Продуктивність праці при експлуатації ділянки зрошення

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Затрати праці, люд-дн		Продуктивність праці	
		на 1га	всього	ц на 1 люд-дн	грн на 1 люд-дн
Люцерна 1 року	66,1	9,6	635	7,29	1 312,50
Люцерна 2 року	74,9	10,6	794	9,43	1 698,11
Люцерна 3 року	92,5	9,8	907	9,18	1 653,06
Озима пшениця	158,6	8,8	1 396	6,82	6 107,73
Кукурудза на силос	111,3	8,6	957	52,33	4 709,30
Кукурудза на зерно	111,3	19	2 115	5,26	5 131,58
Соя	106,2	55	5 841	0,45	890,91
Просо	92,5	7,7	712	3,06	5 080,13
Всього	654,8	х	13 356	х	2 724,32

Економічну доцільність упровадження запропонованих заходів визначають на основі розрахунку додаткового чистого доходу, отриманого в результаті реалізації різних варіантів водокористування на зрошуваному масиві.

Розподіл меліоративних витрат між сільськогосподарськими культурами здійснюється пропорційно площі їх вирощування, величині зрошувальної норми та загальному обсягу споживання поливної води.

Результати розрахунку меліоративних витрат наведено в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Розрахунок меліоративних витрат

Культура	Площа, га	Зрошу- вальна норма, м ³ /га	Споживання води		Меліоративні ви- трати, грн.	
			м ³	%	всього	на 1га
Люцерна 1 року	66,1	1600	105760	5,4	432 440,4	6542,2
Люцерна 2 року	74,9	4800	359520	18,4	1 470 035,8	19626,6
Люцерна 3 року	92,5	4200	388500	19,9	1 588 531,7	17173,3
Озима пшениця	158,6	1800	285480	14,6	1 167 294,8	7360,0
Кукурудза на силос	111,3	1600	178080	9,1	728 148,6	6542,2
Кукурудза на зерно	111,3	2800	311640	16,0	1 274 260,0	11448,9
Соя	106,2	2000	212400	10,9	868 479,1	8177,8
Просо	92,5	1200	111000	5,7	453 866,2	4906,7
Всього	654,8		1952380	100	7 983 056,5	12191,6

Загальні витрати на вирощування сільськогосподарської продукції, а також величину чистого прибутку визначено в таблицях 7.7 і 7.8.

Для комплексної оцінки ефективності запропонованих рішень виконано розрахунок основних техніко-економічних показників.

Узагальнені результати розрахунків наведено в таблиці 7.9.

Таблиця 7.9 – Показники загальної економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур

ПОКАЗНИК	Варіант 1	Варіант 2
Площа зрошення, га	654,8	654,8
Об'єм поданої води, тис.м ³	-	1 952,38
Сумарні сільськогосподарські витрати, тис.грн.	8 291,34	12 653,52
Сумарні меліоративні витрати, тис.грн	-	7 983,06
в т.ч. - амортизаційні		206,59
- поточний ремонт		105,10
- заробітна платня		386,50
- капітальний ремонт		147,98
- електроенергія		5 798,56
- паливно-мастильні матеріали		579,86
- адміністративно-господарчі		32,74
- інші		725,73
Всього витрат, тис.грн.	8 291,34	20 636,58
Собівартість 1 м ³ води, грн	-	4,09
Чистий дохід, тис.грн.	7 285,73	15 748,94
Рентабельність сільськогосподарського виробництва,%	87,87	76,32

Таблиця 7.7 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток без зрошення

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Меліоративні витрати, грн.		Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
			всього	на 1 га	на 1 га	всього	всього	на 1 га	всього	на 1 га
Люцерна 1 року	66,1	297545,2			13336,7	881555,9	881555,9	13336,7	- 584 010,7	-8835,3
Люцерна 2 року	74,9	561929,8			11960,0	895804,0	895804,0	11960,0	- 333 874,2	-4457,6
Люцерна 3 року	92,5	555177,6			14950,0	1382875,0	1382875,0	14950,0	- 827 697,4	-8948,1
Озима пшениця	158,6	3801897,0			15017,6	939651,7	939651,7	5924,7	2 862 245,3	18046,9
Кукурудза на силос	111,3	2313927,0			12740,0	1417962,0	1417962,0	12740,0	895 965,0	8050,0
Кукурудза на зерно	111,3	2569694,4			10368,8	1154047,4	1154047,4	10368,8	1 415 647,0	12719,2
Соя	106,2	3330432,0			15249,0	1619443,8	1619443,8	15249,0	1 710 988,2	16111,0
Просо	92,5	2146462,5			14548,0	1345690,0	1345690,0	14548,0	800 772,5	8657,0
Всього	654,8	15577065,47			12662,4	8291339,82	8291339,8	12662,4	7 285 725,7	11126,6

Таблиця 7.8 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток при експлуатації ділянки зрошення

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Меліоративні витрати, грн		Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
			всього	на 1 га	на 1 га	всього	всього	на 1 га	всього	на 1 га
Люцерна 1 року	66,1	832 860	432440,4	6542,2	17337,7	1146022,6	1578463,1	23879,9	- 745 603,1	-11279,9
Люцерна 2 року	74,9	1 348 200	1470035,8	19626,6	15548,0	1164545,2	2634581,0	35174,6	- 1 286 381,0	-17174,6
Люцерна 3 року	92,5	1 498 500	1588531,7	17173,3	19435,0	1797737,5	3386269,2	36608,3	- 1 887 769,2	-20408,3
Озима пшениця	158,6	8 524 433	1167294,8	7360,0	19522,9	3096328,8	4263623,5	26882,9	4 260 809,3	26865,1
Кукурудза на силос	111,3	4 507 650	728148,6	6542,2	16562,0	1843350,6	2571499,2	23104,2	1 936 150,8	17395,8
Кукурудза на зерно	111,3	10 851 750	1274260,0	11448,9	13479,4	1500261,7	2774521,7	24928,3	8 077 228,3	72571,7
Соя	106,2	5 203 800	868479,1	8177,8	19823,7	2105276,9	2973756,0	28001,5	2 230 044,0	20998,5
Просо	92,5	3 618 323	453866,2	4906,7	18550,0	1715875,0	2169741,2	23456,7	1 448 581,3	15660,3
Всього	654,8	36 385 515	7983056,5	12191,6	19324,3	12 653 523,31	20 636 579,83	31 515,85	15 748 935,47	24051,5

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розроблено комплекс заходів щодо раціонального водокористування та підвищення ефективності зрошення в ТОВ «Криворіжхарчоторг» Криворізького району Дніпропетровської області.

На зрошуваному масиві передбачено вирощування таких сільськогосподарських культур: люцерни другого і третього років використання, озимої пшениці, проса на зерно, сої, кукурудзи на зерно, кукурудзи на силос та люцерни літнього посіву.

У процесі виконання дипломного проєкту проведено розрахунки параметрів внутрішньогосподарської закритої зрошувальної мережі, розташованої на території Апостолівського району Дніпропетровської області, а також розроблено заходи з її експлуатації та організації планування водокористування.

На основі розрахованих режимів зрошення складено календарний графік поливів сільськогосподарських культур. Виконано подекадний розрахунок обсягів водоподачі нетто за вегетаційний період та проведено водогосподарський розрахунок системи (див. розділ 3).

За результатами розрахунків загальний обсяг водоподачі на поля зрошуваного масиву становить 1952,380 тис. м³. Загальна площа поливів за вегетаційний період складає 4178,38 га.

У проєкті опрацьовано організацію експлуатаційних заходів, що включають підготовку зрошувальної мережі до поливного сезону, забезпечення її роботи впродовж поливного періоду, підготовку до зимової консервації, а також порядок експлуатації насосної станції, дощувальної техніки та гідротехнічних споруд.

Окрему увагу приділено організації ремонтно-відновлювальних робіт, контролю їх якості, порядку приймання виконаних робіт, а також плануванню та фінансуванню заходів планово-попереджувального ремонту.

Розглянуто основні вимоги охорони праці та техніки безпеки при виконанні ремонтно-експлуатаційних робіт.

Для оцінки економічної ефективності проєктних рішень виконано розрахунок вартості валової продукції до та після впровадження експлуатаційних заходів.

Вартість валової продукції до впровадження заходів становила 1624 грн/га, після впровадження – 3149 грн/га, що забезпечило її зростання на 52 % (див. табл. 7.1).

Результати економічних розрахунків підтверджують доцільність реалізації запропонованих заходів.

Коефіцієнт загальної економічної ефективності становить 0,10, що свідчить про орієнтовний строк окупності капітальних вкладень близько 10 років.

Щорічні сумарні експлуатаційні витрати до впровадження заходів становили 83,41 тис. грн, після впровадження – 217,43 тис. грн.

Отримані результати підтверджують технічну та економічну обґрунтованість запропонованих рішень і доцільність їх впровадження для підвищення ефективності використання водних ресурсів та функціонування зрошувальної системи господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Systems at Breaking Point. Synthesis Report 2021*. Rome : FAO, 2021. 82 p. DOI: 10.4060/cb7654en.
2. Про схвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 серп. 2019 р. № 688-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/688-2019-%D1%80?utm_source=chatgpt.com#Text (дата звернення: 04.05.2026).
3. United Nations. *Sustainable Development Goals*. New York : United Nations, 2015. URL: <https://sdgs.un.org/goals> (дата звернення: 04.05.2026).
4. Вожегова Р. А., Козленко Є. В., Морозов О. В. Шляхи реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року на Інгулецькій зрошувальній системі // *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 75. С. 20–27.
5. Ромащенко М. І. Концептуальні засади відновлення та розвитку зрошення в Україні // *Вісник аграрної науки*. 2020. № 6. С. 5–13.
6. Модернізація зрошувальних систем із використанням саморегулювання водоподачі: монографія. В. М. Попов, Т. В. Матяш, М. М. Таргоній, М. В. Яцюк, О. П. Музика, Н. В. Сорока, В. В. Шліхта. Київ: Аграрна наука, 2022. 128 с. ISBN 978-966-540-544-3.
7. Апостолівська міська територіальна громада // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Апостолівська_міська_територіальна_громада (дата звернення: 06.05.2026).
8. Ірригаційні рішення // ПрАТ «Завод «Фрегат». – Режим доступу: <https://fregat.mk.ua/produkcziya/irrigaczijni-rishennya/> (дата звернення: 06.05.2026).
9. Геологічна будова України. Сайт geografiamozil2!. URL: <https://geografiamozil2.jimdofree.com/головна/геологічна-будова/> (дата звернення: 30.04.2026).

10. Климат України / Под ред. М.І. Бабиченко. – К.: Наукова думка, 2021. – 328 с.
11. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986 - 2005 рр.) / За редакцією О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. – Дніпропетровськ: Поліграфічний центр ППВКФ „Поліграф-Медіа”, 2011. – 231 с.
12. Національний ґрунтовий атлас України / За ред. С.А. Балюка, Л.І. Медведева, М.В. Тараріко. – Київ: Центр європ. та міжнар. досліджень, 2018. – 264 с.
13. Кам'янка / В. В. Дем'янов // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012. – Т. 12. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-10970> (дата звернення: 06.05.2026).
14. ДСТУ 2730:2015 Захист довкілля. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії [Текст]. – Чинний від 2016-07-01. – Київ : УкрНДНЦ, 2016. – III, 9 с. : табл. – (Національний стандарт України). – Бібліогр.: с. 9.
15. Інструкція з іригаційної оцінки якості природних вод України, КДІ 0497055-01-92. Держводгосп України, Українська академія аграрних наук, Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н.Соколовського: Введ.18.03.92.–Харьків.–1992.–25 с.
16. Доценко В.І., Онопрієнко Д.М., Запорожченко В.Ю., Ткачук Т.І. Оцінка якості води для поливів сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, Акцент ПП, 2022. 149 с.
17. Доценко В.І., Запорожченко В.Ю., Коваленко В.В., Онопрієнко Д.М., Шинкаренко І.Ю. Розрахунок режимів зрошення сільськогосподарських культур: Навчальний посібник. Дніпро: ДДАЕУ, 2023. – 356 с.
18. Эксплуатация гидромелиоративных систем / Под редакцией Орловой Н.А. - К.: Вища школа, 1985. – 368с.
19. Brouwer C., Heibloem M., Goffeau A. Irrigation Water Management: Training Manual No. 1 – Introduction to Irrigation. Rome: FAO, 2002. 94 p. URL: <https://www.fao.org/4/r4082e/r4082e00.htm>.

20. Eisenhauer D. E., Martin D. L., Heeren D. M., Hoffman G. J. Irrigation Systems Management. St. Joseph: ASABE, 2021. 600 p. URL: <https://elibrary.asabe.org/textbook.asp?confid=ism2021>.
21. Georgiou P. E., Karpouzou D. K. Optimal Water Management and Sustainability in Irrigated Agriculture. Basel: MDPI, 2024. 280 p. URL: <https://oer.usk.ac.id/items/show/8615>.
22. Black S., Brosz D. Irrigation Scheduling through Moisture Accounting. South Dakota: South Dakota State University, 1972. 11 p. URL: https://openprairie.sdstate.edu/extension_circ/860/.
23. Мовчан С. І., Болтянська Н. І. Вода і водні ресурси в технологічних процесах підприємств АПК. Мелітополь: Люкс, 2019. 220 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/6126>.
24. Гурин В. А., Степаненко М. Г., Степаненко М. П. Технологія зрошування: навчальний посібник / В. А. Гурин, М. Г. Степаненко, М. П. Степаненко. – Рівне: НУВГП, 2013. – 382 с. – Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1699/1/731749%20zah.pdf>.
25. Машины і обладнання для зрошення : монографія / [Колектив авторів]; за ред. В. І. Кравчука; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2020. – 279 с.
26. Правила експлуатації меліоративних систем. Частина 1. Зрошувальні системи. – К.: Вища школа, 1998. – 231с.
27. Гіжа О. О. Про підвищення точності розрахунку непрямого гідравлічного удару у системах міського водопостачання // *Містобудування та територіальне планування*. 2020. № 72. С. 62–69. DOI: 10.32347/2076-815x.2020.72.62-69.
28. Ткачук А. В., Шинкаренко І. Ю., Макаров А. В. *Throttle Control in Closed Irrigation Networks: Calculation of Pressure Increase // Municipal Economy of Cities*. 2025. № 3(191). С. 472–478. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-3-191-472-478.

29. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо оптимізації трудових відносин : Закон України від 01.07.2022 № 2352-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2352-20#Text> (дата звернення: 07.05.2026).
30. Hawkins G. Winterizing Your Irrigation System [Electronic resource] // University of Georgia Extension. 2024. URL: <https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/B1439/> (date of access: 07.05.2026).
31. Checklist for irrigation winterization [Electronic resource] // Michigan State University Extension. 2022. URL: https://www.canr.msu.edu/news/irrigation_winterization (date of access: 07.05.2026).
32. ДСТУ-Н Б В.2.3-21:2008. Настанова визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами [Електронний ресурс]. URL: <https://profidom.com.ua/v-2/v-2-3/1601-dstu-n-b-v-2-3-212008-nastanova-viznachenna-zalishkovoji-micnosti-magistralnih-truboprovodiv-z-defektami> (дата звернення: 07.05.2026).
33. Положення про проведення планово-поточних ремонтів меліоративних систем і споруд. – К.: Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 42 с.
34. Гурин В.А., Хайтул Н.В. Технологія ремонтно-експлуатаційних робіт. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2010 р. – 238 с.
35. Відомчі норми часу на роботи, які виконуються в експлуатаційних водогосподарських організаціях. ВТЕН 33-2.6.-01-97. – К.: Держводгосп України, 1997.
36. Норми часу на роботи, які виконуються в експлуатаційних водогосподарських організаціях. Частина II. Ручні роботи. Укрводексплуатація. ВТЕН 33-2.6-04-99. – К., 1999.
37. ВБН Д.1.1-33-3.1-07-2003. Порядок визначення вартості ремонту водогосподарських та природоохоронних об'єктів і споруд. Київ, 2003. Затв. наказом від 04.12.2003 № 332. Чинний від 05.01.2004. Розроб. Інститут «Укрводпроект».
38. Про затвердження Методики визначення корозійного стану трубопроводів зрошення та водопостачання : наказ Держводгоспу України від 11.02.2008 № 35 //

База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/go/v0035574-08> (дата звернення: 04.05.2026).

39. ДБН А.2.2-1:2021 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) – К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 48 с.

40. Сучасні системи удобрення в землеробстві України: науково-методичні та науково-практичні рекомендації / Е.Г. Дегодюк, М.М. Проненко, Ю.О. Ігнатенко, Н.М. Пипчук, А.О. Мулярчук / за редакцією доктора с.-г. наук С.Е. Дегодюка. – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020 . – 84 с.

41. AgroApp. Норми внесення добрив: таблиці, правила та розрахунки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/normi-vnesennya-dobriv-tablici-pravila-ta-rozrachunki/> – Дата звернення: 07.05.2026.

42. ВТР11-30-81. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ и пестицидов в поверхностном и дренажном стоке с мелиорируемых земель. – М.: 1981. – 41 с.

43. Юрченко А. І. Методичні рекомендації щодо прогнозування надходження біогенних речовин та пестицидів з дифузних джерел сільськогосподарського походження до водних об'єктів / Інновації та науковий потенціал світу: матеріали III Міжнародної наукової конференції (м. Хмельницький, 10 листопада 2023 р.) / Міжнародний центр наукових досліджень. – Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2023. – С. 145–151. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/10.11.2023/44>

44. Облікове забезпечення управління витратами експлуатації меліоративних систем [Електронний ресурс] / Л. В. Сироватченко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2015. – № 4 (20). – С. 155-163. – Режим доступу до журн.:

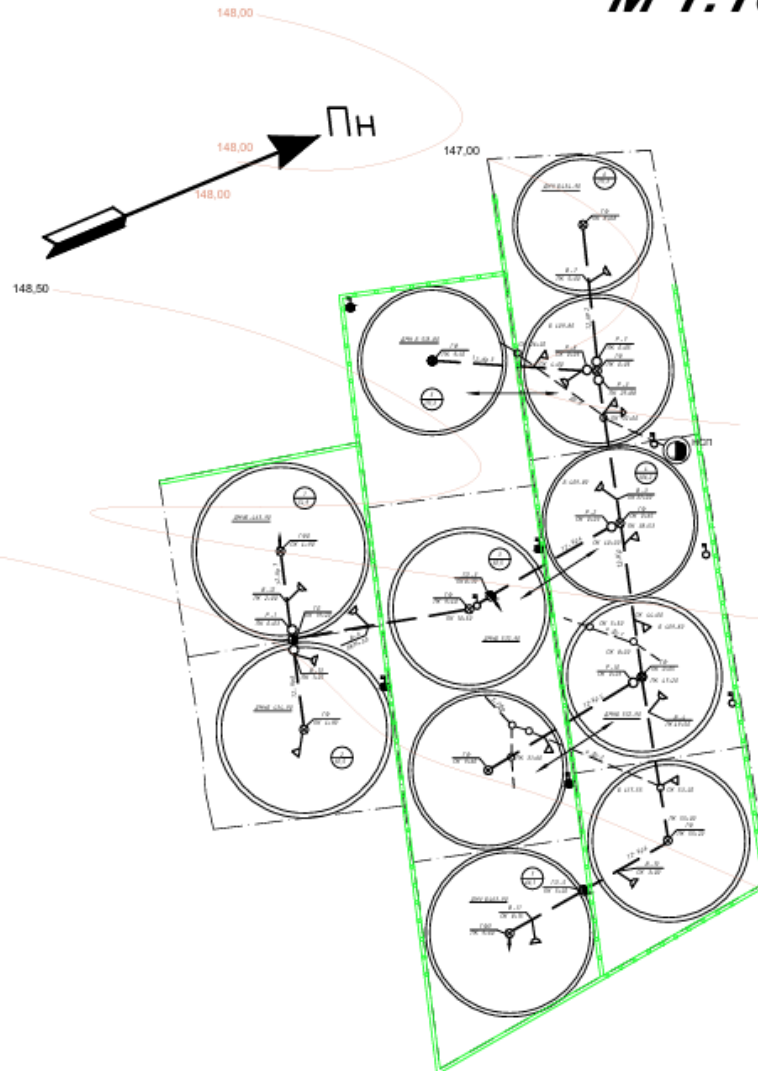
<http://economics.opu.ua/files/archive/2015/n4.html>.

45. В. І. Павлов, О. Ю. Лесняк, А. В. Сташук, Т. В. Семешук. Економіка водокористування: навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни. – Рівне: НУВГП, 2014. – 247 с.

46. Ринок електроенергії: індекси та середньозважені ціни (промислові споживачі) [Електронний ресурс] // Index.minfin.com.ua. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/> – Дата звернення: 07.05.2026.
47. Лазаренко П.И. Эколого-биологические основы сельскохозяйственного районирования территорий (на примере Днепропетровской области). Монография. – Днепропетровск: Пороги, 1995. – 476 с.

ДОДАТКИ

ПЛАН ДІЛЯНКИ ЗРОШЕННЯ М 1:10000



Умовні позначення

- РБ-2 регулюючий басейн
- НСП-6 насосна станція підкачки
- номер сідозміни
площа сідозміни нетто, га
- номер поля
площа поля нетто, га
- 12-Кр — внутрішньогосподарська мережа
- - - - - дрени
- ⊗ ГФ комплексний вузол підключення дощувальної машини Фрегат
- Р розподільний колодязь
- С оглядовий колодязь
- ⊗ В вантаж
- ⊗ КВЗВ клапан впуску і затиснення воздуха
- ⊗ ГО гідрант зпорожнювальний
- ⊗ протидарний пристрій
- ⊗ випуск в дренаж
- ⊗ спостерігальна свердловина до 11м
- ⊗ спостерігальна свердловина до 6м
- ⊗ границя поля

- - Люцерна другого року життя
- - Люцерна третього року життя
- - Озима пшениця + просо на зерно
- - Соя
- - Кукурудза на зерно
- - Кукурудза на силос
- - Озима пшениця + літній посів люцерни

Кваліфікаційна робота				Середня загальноосвітня школа		
Відомості	Відомості	Відомості	Відомості	Відомості	Відомості	Відомості
Підпис	Підпис	Підпис	Підпис	Підпис	Підпис	Підпис
Д	1	5				
План ділянки зрошення				Фактичне використання території		

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ДАННІ

Метеостанція Апостолово

Розрахункова забезпеченість 75 %

Вибрані роки 1969 1971 1986 1983 1979

Декада Р, мм d, мб t, град.

1 березень	7.3	0.8	-3.6
2 березень	10.1	1.1	0.7
3 березень	10.5	2.5	5.6
1 квітень	11.7	5.1	9.0
2 квітень	15.2	4.4	7.6
3 квітень	8.8	6.6	12.2
1 травень	15.5	6.4	13.5
2 травень	8.3	11.2	18.1
3 травень	9.9	11.0	19.0
1 червень	8.6	12.9	20.5
2 червень	13.0	10.8	20.2
3 червень	16.7	9.8	18.9
1 липень	12.4	10.6	20.8
2 липень	16.8	10.1	20.7
3 липень	32.0	8.5	19.8
1 серпень	10.2	13.6	22.1
2 серпень	21.1	11.5	21.1
3 серпень	7.6	10.8	20.3
1 вересень	4.8	9.4	17.1
2 вересень	4.3	8.3	16.9
3 вересень	5.7	6.6	13.2
1 жовтень	8.1	4.1	8.6
2 жовтень	6.7	4.3	10.0
3 жовтень	18.0	2.3	5.1

Метеостанція - Апостолово

Розрахунок дефіциту водоспоживання

Літній посів люцерни

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м3/га
3 квітень	11	9	31	0	-26	-26	70	0.4	35			
1 травень	13	16	8	0	-4	-30	70	0.5	45			
2 травень	29	8	8	0	16	-13	70	0.6	55		6	
3 травень	33	10	8	0	19	5	70	0.7	65		18	
1 червень	45	9	0	0	40	46	70	0.7	65		30	
2 червень	37	13	8	0	21	67	70	0.8	70		31	
3 червень	28	17	0	0	18	85	70	0.8	70		20	
1 липень	22	12	12	0	2	87	65	0.8	85		10	
2 липень	25	17	-5	0	20	107	70	0.9	80	1	40	11
3 липень	28	32	0	0	8	115	70	0.9	80		14	
1 серпень	50	10	8	0	36	151	70	1.0	90	1	40	22
2 серпень	46	21	0	0	33	185	70	1.0	90		35	
3 серпень	35	8	0	0	30	215	70	1.0	90		32	
1 вересень	36	5	16	0	18	232	65	1.0	105	1	38	24
2 вересень	34	4	-16	0	47	279	70	1.0	90	1	38	32
3 вересень	22	6	0	0	19	298	70	1.0	90		33	
1 жовтень	16	8	0	0	11	309	70	1.0	90		15	

Режим зрошення

№полива Дата m,мм

П 15.07 40

1 10.08 40

2 03.09 40

3 20.09 40

M=160 мм

SE=309 мм

dmax=45 м3/га

Люцерна минулих років

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м3/га
3 березень	13	11	93	0	-87	-87	70	1.0	90			
1 квітень	23	12	0	0	16	-71	70	1.0	90			
2 квітень	16	15	0	0	7	-65	70	1.0	90		11	
3 квітень	24	9	0	0	19	-45	70	1.0	90		13	
1 травень	25	16	16	0	1	-45	65	1.0	105		10	
2 травень	49	8	-16	0	59	15	70	1.0	90	1	60	30
3 травень	39	10	16	0	17	32	65	1.0	105		38	

1 червень	54	9	-16	0	64	96	70	1.0	90	1	60	41
2 червень	36	13	0	0	28	124	70	1.0	90	1	60	46
3 червень	36	17	16	0	10	134	65	1.0	105			19
1 липень	42	12	-16	0	50	184	70	1.0	90	1	60	30
2 липень	33	17	0	0	23	207	70	1.0	90			36
3 липень	32	32	16	0	-3	204	65	1.0	105			10
1 серпень	53	10	-16	0	62	266	70	1.0	90	1	60	30
2 серпень	37	21	0	0	24	290	70	1.0	90	1	60	43
3 серпень	40	8	16	0	20	311	65	1.0	105			22
1 вересень	38	5	-16	0	51	362	70	1.0	90	1	60	36
2 вересень	30	4	0	0	28	389	70	1.0	90	1	60	39
3 вересень	22	6	0	0	19	408	70	1.0	90			23
1 жовтень	14	8	16	0	-7	401	65	1.0	105			6

Режим зрошення

№полива Дата т,мм

1	10.05	60
2	06.06	60
3	14.06	60
4	05.07	60
5	06.08	60
6	15.08	60
7	05.09	60
8	10.09	60

M=480 мм

SE=655 мм

dmax=46 м3/га

Пшениця озима

Декада Е,мм Р,мм dW,мм Wg,мм D,мм SD,мм bm,% h,м mm,мм n т,мм d,м3/га

3 березень	12	11	54	0	-49	-49	65	0.5	50			
1 квітень	26	12	11	0	8	-41	65	0.6	65			
2 квітень	22	15	0	0	13	-28	70	0.7	65			10
3 квітень	33	9	9	0	18	-9	70	0.8	70			16
1 травень	31	16	9	0	13	3	70	0.9	80	1	40	15
2 травень	49	8	0	0	44	47	70	0.9	80	1	40	28
3 травень	43	10	0	0	37	84	70	0.9	80	1	40	40
1 червень	46	9	14	0	27	111	65	0.9	95			32

Режим зрошення

№полива Дата т,мм

В	01.09	60
1	06.06	40
2	15.06	40
3	04.07	40

M=180 мм

SE=261 мм

$d_{\max}=40$ м³/га

Просо на зерно

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м ³ /га
2 травень	24	8	47	0	-28	-28	65	0.5	50			
3 травень	29	10	9	0	13	-15	65	0.6	65			
1 червень	39	9	9	0	24	9	65	0.7	75	1	40	18
2 червень	39	13	5	0	25	34	70	0.9	80			25
3 червень	37	17	0	0	26	60	70	0.9	80	1	40	26
1 липень	41	12	8	0	24	84	70	1.0	90	1	40	25
2 липень	30	17	16	0	2	86	65	1.0	105			13
3 липень	20	32	16	0	-18	68	60	1.0	120			
1 серпень	24	10	0	0	17	85	60	1.0	120			

Режим зрошення

№полива Дата т,мм

1 07.08 40

2 16.08 40

3 06.09 40

M=120 мм

SE=283 мм

$d_{\max}=26$ м³/га

Кукурудза на силос

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м ³ /га
2 травень	24	8	47	0	-28	-28	65	0.5	50			
3 травень	29	10	9	0	13	-15	65	0.6	65	1	40	18
1 червень	39	9	9	0	24	9	65	0.7	75	2	40	18
2 червень	39	13	5	0	25	34	70	0.9	80			25
3 червень	37	17	0	0	26	60	70	0.9	80			26
1 липень	41	12	8	0	24	84	70	1.0	90	1	40	25
2 липень	30	17	16	0	2	86	65	1.0	105			13
3 липень	20	32	16	0	-18	68	60	1.0	120			
1 серпень	53	10	-16	0	62	266	70	1.0	90			30
2 серпень	37	21	0	0	24	290	70	1.0	90			43
3 серпень	40	8	16	0	20	311	65	1.0	105			22
1 вересень	38	5	-16	0	51	362	70	1.0	90			36
2 вересень	30	4	0	0	28	389	70	1.0	90			39
3 вересень	22	6	0	0	19	408	70	1.0	90			23
1 жовтень	14	8	16	0	-7	401	65	1.0	105			6

Режим зрошення

№полива Дата т,мм

1 25.05 40

2 06.06 40

3 10.06 40
 4 05.07 40
 M=160 мм
 SE=385 мм
 dmax=36 м3/га

Кукурудза на зерно

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м3/га
2 травень	30	8	25	0	-1	-1	70	0.4	35		8	
3 травень	39	10	0	0	32	32	70	0.4	35	1	40	16
1 червень	60	9	6	0	48	79	70	0.5	45	2	40	40
2 червень	53	13	0	0	44	124	70	0.5	45	1	40	46
3 червень	41	17	6	0	23	147	70	0.6	55			34
1 липень	36	12	0	0	27	173	70	0.6	55	1	40	25
2 липень	30	17	17	0	1	175	65	0.7	75			14
3 липень	24	32	0	0	2	176	65	0.7	75			1
1 серпень	37	10	0	0	30	207	65	0.7	75	1	40	16
2 серпень	32	21	0	0	17	224	65	0.7	75			24
3 серпень	30	8	0	0	24	248	65	0.7	75	1	40	21
1 вересень	26	5	11	0	12	260	60	0.7	85			18

Режим зрошення

№полива Дата m,мм

1 30.05 40
 2 01.06 40
 3 08.06 40
 4 13.06 40
 5 09.07 40
 6 05.08 40
 7 29.08 40

M=280 мм

SE=438 мм

dmax=48 м3/га

Соя

Декада	Е,мм	Р,мм	dW,мм	Wg,мм	D,мм	SD,мм	bm,%	h,м	mm,мм	n	m,мм	d,м3/га
2 травень	24	8	25	0	-6	-6	70	0.4	35		3	
3 травень	29	10	6	0	16	10	70	0.5	45	1	40	5
1 червень	36	9	6	0	23	33	70	0.6	55			20
2 червень	34	13	0	0	25	58	70	0.6	55	1	40	24
3 червень	31	17	0	0	19	78	70	0.6	55	1	40	22
1 липень	37	12	19	0	10	88	70	0.9	80			15
2 липень	37	17	22	0	3	91	65	1.0	105			7
3 липень	32	32	0	0	10	101	65	1.0	105			7

1 серпень	49	10	0	0	42	142	65	1.0	105	1	40	26
2 серпень	39	21	0	0	24	166	65	1.0	105	1	40	33
3 серпень	33	8	16	0	12	179	60	1.0	120			18

Режим зрошення

№полива Дата т,мм

1 26.05 40

2 18.06 40

3 18.07 40

4 07.08 40

5 16.08 40

M=200 мм

SE=460 мм

dmax=33 м3/га

Середньозважена зрошувальна норма 321 мм

Середнє сумарне випаровування за вегетацію 448 мм

Примітка. E - сумарне водоспоживання с.г. культурою, мм;

P - атмосферні опади, мм;

dW - використання весняних запасів вологи, мм;

Wg - підживлення підґрунтовими водами, мм;

D - дефіцит водоспоживання за декаду, мм;

SD - сумарний дефіцит водоспоживання, мм;

bm - мінімальна передполивна вологість ґрунту, %НВ

h - глибина активного кореневмісного шару ґрунту, м

mm - максимальна поливна норма, мм

m - розрахункова поливна норма, мм

n - кількість поливів за декаду

d - середньодобовий дефіцит водоспоживання, м3/га

M - зрошувальна норма, мм

SE - сумарне водоспоживання за вегетацію, мм

dmax - максимальний середньодобовий дефіцит водоспоживання, м3/га

Додаток В

Таблиця В.1 - Відомість неуккомплектованого графіка поливів зерно-кормової сівозміни розрахованого на 75 %-ну забезпеченість

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Зрошув. норма, м³/га	№ поливу	Полівна норма, м³/га	Строки	поливу	Тривалість поливу, діб	Витрата, л/с
						початок	кінець		
1	Люцерна 2-го року життя	74,9	4800	1	600	05.05.2019	10.05.2019	6	90
				2	600	01.06.2019	06.06.2019	6	90
				3	600	09.06.2019	14.06.2019	6	90
				4	600	30.06.2019	05.07.2019	6	90
				5	600	01.08.2019	06.08.2019	6	90
				6	600	10.08.2019	15.08.2019	6	90
				7	600	31.08.2019	05.09.2019	6	90
				8	600	05.09.2019	10.09.2019	6	90
2	Люцерна 3-го життя року			1	600	04.05.2019	10.05.2019	7	90
		92,5	4200	2	600	31.05.2019	06.06.2019	7	90
				3	600	08.06.2019	14.06.2019	7	90
				4	600	29.06.2019	05.07.2019	7	90
				5	600	31.07.2019	06.08.2019	7	90
				6	600	09.08.2019	15.08.2019	7	90
				7	600	30.08.2019	05.09.2019	7	90
3	Озима пшениця просо на зерно	92,5	3000	В	600	26.08.2019	01.09.2019	7	90
				1	400	02.06.2019	06.06.2019	5	90
				2	400	11.06.2019	15.06.2019	5	90
				3	400	30.06.2019	04.07.2019	5	90
				1	400	02.08.2019	07.08.2019	5	90
				2	400	12.08.2019	16.08.2019	5	90
				3	400	02.09.2019	06.09.2019	5	90
4	Соя			1	400	22.05.2019	26.05.2019	5	90
		106,2	2000	2	400	14.06.2019	18.06.2019	5	90
				3	400	14.07.2019	18.07.2019	5	90
				4	400	03.08.2019	07.08.2019	5	90
				5	400	12.08.2019	16.08.2019	5	90
5	Кукурудза на зерно			1	400	25.05.2019	30.05.2019	6	90
		111,3	2800	2	400	27.05.2019	01.06.2019	6	90
				3	400	01.06.2019	06.06.2019	6	90
				4	400	08.06.2019	13.06.2019	6	90
				5	400	04.07.2019	09.07.2019	6	90

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Зрошув. норма, м³/га	№ поливу	Поливна норма, м³/га	Строки	поливу	Тривалість поливу, діб	Витрата, л/с
						початок	кінець		
				6	400	31.07.2019	05.08.2019	6	90
				7	400	24.08.2019	29.08.2019	6	90
6	Кукурудза на силос			1	400	20.05.2019	25.05.2019	6	90
		111,3	2000	2	400	29.05.2019	06.06.2019	6	90
				3	400	05.06.2019	10.06.2019	6	90
				4	400	30.06.2019	05.07.2019	6	90
7	Озима пшениця + літній посів люцерни			В	600	28.08.2019	01.09.2019	5	90
		66,1	3400	1	400	03.06.2019	06.06.2019	4	90
				2	400	12.06.2019	15.06.2019	4	90
				3	400	01.07.2019	04.07.2019	4	90
				П	400	12.07.2019	15.07.2019	4	90
				1	400	07.08.2019	10.08.2019	4	90
				2	400	31.08.2019	03.09.2019	4	90
				3	400	17.09.2019	20.09.2019	4	90

Таблиця В.2 - Відомість укомплектованого графіка поливів зерно-кормової сівозміни розрахованого на 75 %-ну забезпеченість

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Зрошув. норма, м³/га	№ поливу	Поливна норма, м³/га	Строки	поливу	Тривалість поливу, діб	Витрата, л/с
						початок	кінець		
1	Люцерна 2-го року життя	74,9	4800	1	600	05.05.2019	10.05.2019	6	90
				2	600	01.06.2019	06.06.2019	6	90
				3	600	09.06.2019	14.06.2019	6	90
				4	600	30.06.2019	05.07.2019	6	90
				5	600	01.08.2019	06.08.2019	6	90
				6	600	10.08.2019	15.08.2019	6	90
				7	600	26.08.2019	31.08.2019	6	90
				8	600	05.09.2019	10.09.2019	6	90
2	Люцерна 3-го життя року			1	600	04.05.2019	10.05.2019	7	90
		92,5	4200	2	600	31.05.2019	06.06.2019	7	90
				3	600	08.06.2019	14.06.2019	7	90
				4	600	29.06.2019	05.07.2019	7	90
				5	600	25.07.2019	31.07.2019	7	90

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Зрошув. норма, м³/га	№ поливу	Полівна норма, м³/га	Строки	поливу	Тривалість поливу, діб	Витрата, л/с
						початок	кінець		
				6	600	07.08.2019	13.08.2019	7	90
				7	600	29.08.2019	04.09.2019	7	90
3	Озима пшениця просо на зерно	92,5	3000	В	600	19.08.2019	25.08.2019	7	90
				1	400	26.05.2019	30.05.2019	5	90
				2	400	11.06.2019	15.06.2019	5	90
				3	400	25.06.2019	29.06.2019	5	90
				1	400	27.07.2019	31.07.2019	5	90
				2	400	05.08.2019	09.08.2019	5	90
				3	400	02.09.2019	06.09.2019	5	90
4	Соя			1	400	21.05.2019	25.05.2019	5	90
		106,2	2000	2	400	16.06.2019	20.06.2019	5	90
				3	400	14.07.2019	18.07.2019	5	90
				4	400	03.08.2019	07.08.2019	5	90
				5	400	12.08.2019	16.08.2019	5	90
5	Кукурудза на зерно			1	400	11.05.2019	20.05.2019	6	90
		111,3	2800	2	400	26.05.2019	31.05.2019	6	90
				3	400	05.06.2019	10.06.2019	6	90
				4	400	15.06.2019	20.06.2019	6	90
				5	400	04.07.2019	09.07.2019	6	90
				6	400	30.07.2019	04.08.2019	6	90
				7	400	23.08.2019	28.08.2019	6	90
6	Кукурудза на силос			1	400	15.05.2019	16.05.2019	6	90
		111,3	2000	2	400	26.05.2019	31.05.2019	6	90
				3	400	05.06.2019	10.06.2019	6	90
				4	400	28.06.2019	03.07.2019	6	90
7	Озима пшениця + літній посів люцерни			В	600	28.08.2019	01.09.2019	5	90
		66,1	3400	1	400	03.06.2019	06.06.2019	4	90
				2	400	12.06.2019	15.06.2019	4	90
				3	400	21.06.2019	24.06.2019	4	90
				П	400	10.07.2019	13.07.2019	4	90
				1	400	07.08.2019	10.08.2019	4	90
				2	400	07.09.2019	10.09.2019	4	90
				3	400	17.09.2019	20.09.2019	4	90

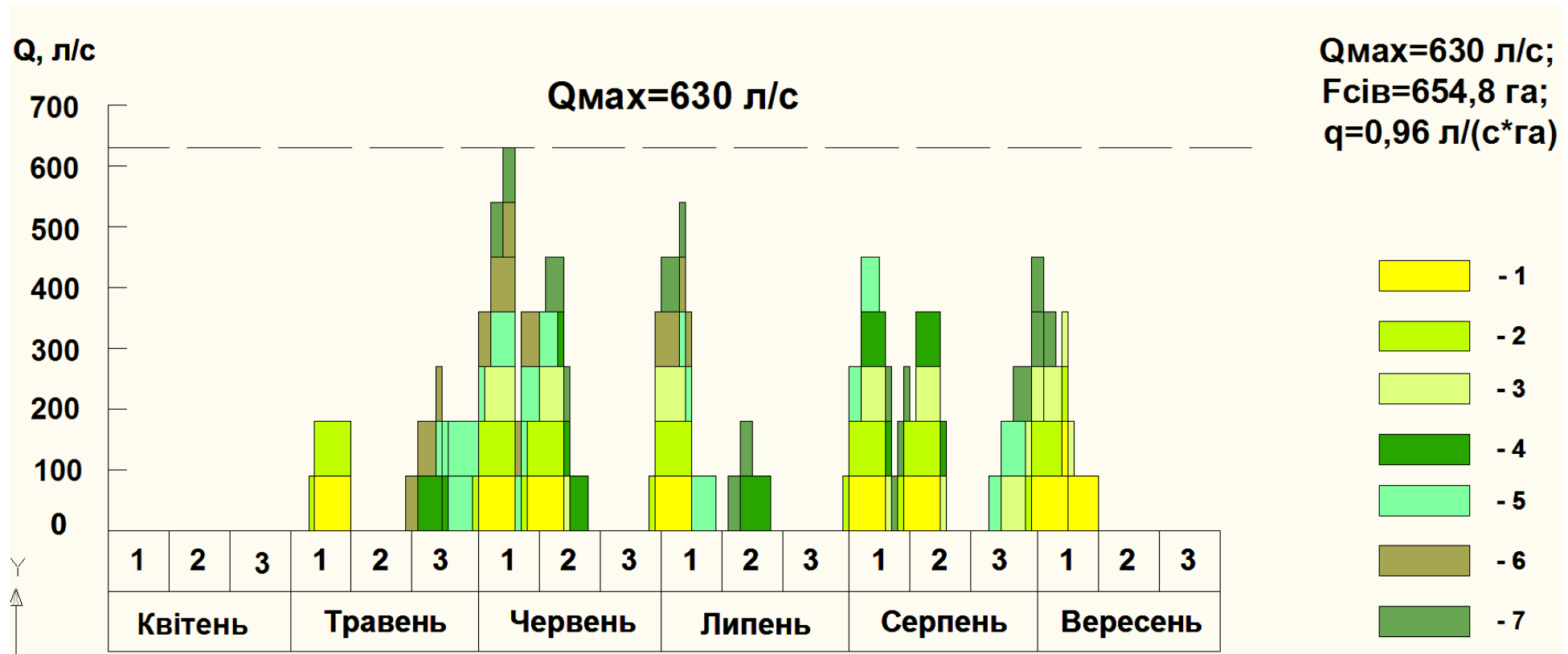


Рисунок Г.1 - Неукomплектований графік поливiв

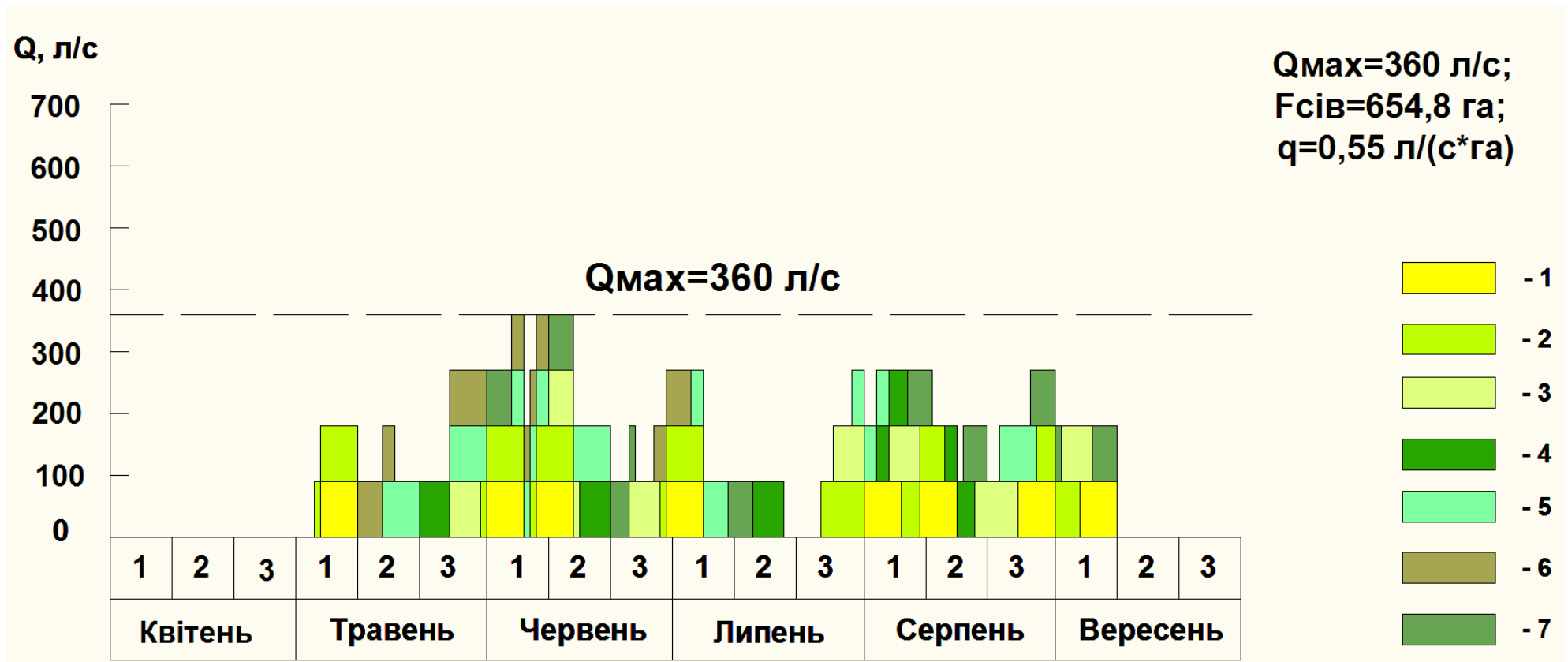


Рисунок Г.2 - Укомплектований графік поливів

