

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри водогосподарської інженерії

к.с.-г.н., доц. \_\_\_\_\_ А.В. Ткачук  
„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 2025 р.

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: Удосконалення технології водокористування на зро-  
шуваних землях у приватному підприємстві  
«Перемога АВК» Дніпровського району  
Дніпропетровської області

Виконав: студент 2 курсу, групи ГТБ–1-24  
спеціальності – 194 «Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології»

Марценюк І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Ткачук А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
Факультет водогосподарської інженерії та екології  
Кафедра водогосподарської інженерії  
Спеціальність 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія  
та водні технології»  
Освітньо-професійна програма «Гідромеліорація»  
Освітній ступінь «Магістр»

**ЗАТВЕРДЖУЮ :**  
**Завідувач кафедри**  
**водогосподарської інженерії**  
к.с.-г.н., доц. Ткачук А.В.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу здобувачу  
Марценюку Ігорю Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту Удосконалення технології водокористування на зрошуваних землях приватному підприємстві «Перемога АВК» Дніпровського 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 «10» жовтня 2025 р. № 52

1. Строк подання студентом проекту 12 грудня 2025 року
2. Вихідні дані: план ділянки зрошення, сівозміна, природно-кліматичні умови; хімічний склад поливної води .
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) природно-кліматична характеристика району дослідження; аналітичний огляд методів розрахунку режимів зрошення; дослідження шляхів раціонального природокористування; організація експлуатаційних заходів; основні показники виконання плану водокористування; оцінка впливу на навколишнє середовище; охорона праці; економічна ефективність водокористування.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) план ділянки зрошення; водогосподарський розрахунок, календарний графік поливів, календарний план поливів, оперативний план поливів, 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	Вступ		
2	Природнокліматична характеристика району дослідження		
3	Аналітичний огляд методів розрахунку режимів зрошення		
4	Дослідження шляхів раціонального природокористування		
5	Організація експлуатаційних заходів		
6	Основні показники виконання плану водокористування		
7	Охорона праці		
8	Оцінка впливу на навколишнє середовище		
9	Економічна ефективність водокористування		
10	Висновок		

Здобувач \_\_\_\_\_ І.С. Марценюк  
(підпис)Керівник проекту \_\_\_\_\_ А.В.Ткачук  
(підпис)

## ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ .....	7
ВСТУП .....	8
<b>1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	<b>11</b>
1.1 Географічне розташування та стислий опис об'єкта .....	11
1.2 Рельєф місцевості та характеристика гідрографічної мережі .....	12
1.3 Геологічна будова та умови залягання підземних вод .....	14
1.4 Кліматичні особливості регіону .....	16
1.5 Огляд ґрунтового різноманіття території.....	21
1.6 Основні властивості води для зрошення .....	23
<b>2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ЗРОШЕННЯ</b>	<b>33</b>
2.1 Біокліматичний метод А.М. та С.М. Алпатьєвих .....	34
2.2 Удосконалений біокліматичний метод В.П. Остапчика .....	36
2.3 Біофізичний метод Д.А. Штойко .....	39
2.4 Метод FAO для розрахунку режимів зрошення .....	40
2.5 Агрогідрометеорологічний метод ДДАЕУ .....	43
<b>3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОКОРИСТУВАННЯ</b>	<b>46</b>
3.1 Вихідні матеріали для розроблення плану використання води .....	46
3.2 Аналіз природного зволоження за багаторічний період спостережень	48
3.3 Порівняння режимів зрошення в роки з різним рівнем природного водо- забезпечення .....	52
3.4 Формування плану раціонального використання водних ресурсів .....	56
3.5 Розроблення календарного плану проведення поливів .....	63

3.6 Підготовка оперативного плану зрошення та міжполивного обробітку ґрунту .....	65
3.7 Формування заявки на подачу води .....	71
3.8 Організація системи обліку води та контролю поливної площі .....	73
3.9 Реалізація плану водокористування у виробничій діяльності .....	74
3.10 Підготовка звітної документації щодо виконання плану водокористування .....	77
<b>4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РОБІТ .....</b>	<b>78</b>
4.1 Підготовчі заходи з приведення зрошувальної мережі у робочий стан перед поливним сезоном .....	78
4.2 Функціонування зрошувальної мережі у поливний період .....	79
4.3 Заходи з консервації мережі та дощувальної техніки на зиму .....	80
4.4 Особливості експлуатації дощувальних машин .....	81
4.5 Робота та обслуговування насосної станції .....	82
4.6. Технічний стан і використання колекторно-дренажної мережі .....	84
4.7. Утримання та функціонування гідротехнічних споруд на ділянці зрошення .....	86
4.8 Особливості експлуатації водозабору .....	88
<b>5. КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПЛАНУ ВОДОКОРИСТУВАННЯ .....</b>	<b>90</b>
<b>6. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДОВКІЛЛЯ .....</b>	<b>93</b>
6.1 Оцінювання впливу експлуатаційних робіт на стан ґрунтів .....	93
6.2 Аналіз впливу зрошення на поверхневі водні ресурси .....	95
6.3 Оцінка змін у режимі підземних вод під впливом водокористування на ділянці зрошення .....	103
<b>7. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>104</b>
7.1 Огляд стану забезпечення безпеки праці на підприємстві .....	104

7.2 Оцінка рівня виробничого травматизму та професійних захворювань, а також аналіз факторів, що зумовлюють їх виникнення .....	106
7.3 Визначення фінансових втрат, пов'язаних із випадками травм і захворювань на виробництві .....	108
7.4 Обчислення економічного ефекту від реалізації заходів із підвищення безпеки праці .....	111
7.5 Пропозиції щодо удосконалення умов праці та підвищення рівня безпеки .....	112
<b>8. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ</b>	
ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ЗРОШУВАНІЙ ДІЛЯНЦІ .....	114
8.1 Розрахунок щорічних експлуатаційних та капітальних витрат, пов'язаних з функціонуванням ділянки зрошення .....	114
8.2 Аналіз економічної віддачі водокористування на зрошуваній ділянці ...	119
ВИСНОВКИ .....	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	128
ДОДАТКИ .....	133

## РЕФЕРАТ

Обсяг: 136 сторінка, 6 рисунків, 30 таблиць, 46 джерел, 2 додатки.

*Ключові слова:* зрошення сільськогосподарських культур, планування водокористування, забезпеченість природного зволоження.

*Об'єктом дослідження* є процес водокористування на зрошуваних землях. Предмет дослідження становлять методи та підходи до планування водокористування під час експлуатації зрошуваної ділянки.

*Мета роботи* – комплексний аналіз економічної ефективності функціонування масиву зрошення в приватному підприємстві «Перемога АВК» Дніпровського району Дніпропетровської області.

*Для досягнення мети були поставлені такі завдання:* визначити рівень природного зволоження за аналізований період спостережень; здійснити порівняння режимів зрошення у роки з різною забезпеченістю природної вологи; розробити підходи до організації та планування водокористування на масиві зрошення; обґрунтувати комплекс експлуатаційних заходів; оцінити екологічний вплив функціонування зрошуваного масиву; проаналізувати стан охорони праці в господарстві; визначити сумарні річні витрати та розрахувати економічну ефективність експлуатації зрошувальної системи.

*Методологічна основа дослідження* ґрунтується на методах математичної статистики, теорії ймовірностей та кластерного аналізу.

*Наукова новизна та отримані результати включають:* виявлення особливостей природного зволоження території дослідження; розроблення алгоритму відбору років-аналогів для розрахунку режимів зрошення, що забезпечує вибір року необхідної забезпеченості для всіх культур сівозміни; оцінку економічної результативності застосування планового водокористування.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів і рекомендацій для планування та оптимізації водокористування в умовах Дніпровського району Дніпропетровської області, що сприятиме підвищенню ефективності зрошення та раціональному використанню водних ресурсів.

## ВСТУП

Розвиток сільськогосподарського виробництва в Україні значною мірою визначається природними умовами, які характеризуються певним біокліматичним потенціалом, родючістю ґрунтів та несприятливим водним режимом. В умовах недостатнього та нерівномірного природного зволоження забезпечення стабільних урожаїв можливе лише за рахунок використання ефективних меліоративних заходів, серед яких зрошення є ключовим елементом інтенсифікації агровиробництва [1, 2].

Багаторічний досвід експлуатації зрошувальних систем в Україні та результати наукових досліджень свідчать про відсутність повноцінної альтернативи зрошенню. У більшості регіонів країни, зокрема в степовій зоні, зрошення є визначальним фактором підвищення продуктивності та стійкості землеробства в умовах кліматичних змін.

Сучасні зрошувальні системи України ґрунтуються переважно на застосуванні дощування, що забезпечує рівномірність поливу та раціональне використання водних ресурсів. Міжгосподарські мережі здебільшого представлені каналами з протифільтраційним облицюванням, а внутрішньогосподарські – закритими трубопроводами, які працюють із широкозахватними дощувальними машинами. Поєднання високого технічного рівня меліоративної інфраструктури з сучасними технологіями водорозподілу та агротехнікою дозволяє забезпечувати високу продуктивність зрошеного землеробства.

Разом з тим, унаслідок тривалої соціально-економічної кризи стан гідромеліоративного комплексу країни суттєво погіршився. Брак фінансування призвів до зупинки будівництва та реконструкції зрошувальних систем, скорочення обсягів їх експлуатації, відсутності ремонтно-відновлювальних робіт та морального і фізичного зношення парку спеціальної техніки. Внаслідок цього зрошувані землі перестали виконувати роль стабілізуючого фактора продовольчої безпеки держави.

У відповідь на це в Україні розпочато реалізацію Державної програми відновлення та модернізації зрошення, яка передбачає реконструкцію існуючих систем, підвищення їх енергоефективності, цифровізацію управління водними ресурсами, створення організацій водокористувачів та впровадження сучасних водозберігаючих технологій поливу [1, 2]. Вказані заходи тісно пов'язані з досягненням Цілей сталого розвитку ООН, зокрема: ЦСР 2 «Подолання голоду»; ЦСР 6 «Чиста вода та належні санітарні умови»; ЦСР 12 «Відповідальне споживання та виробництво»; ЦСР 13 «Пом'якшення наслідків зміни клімату»; ЦСР 15 «Захист екосистем суші» [3, 4].

Проблематика ефективної експлуатації зрошуваних земель є особливо актуальною для Дніпропетровської області, територія якої характеризується недостатньою природною зволоженістю. Незважаючи на наявність гідромеліоративних систем на площі 224,2 тис. га, фактичні площі зрошення останніми роками становлять лише близько 10 %, що свідчить про значний нереалізований потенціал регіону.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю відновлення та раціонального використання зрошувальних систем, підвищення ефективності водокористування, зменшення негативного впливу кліматичних чинників та забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва.

Об'єктом дослідження є процес водокористування на зрошуваних землях. Предметом дослідження є організація та планування водокористування під час експлуатації ділянки зрошення.

Метою дипломного проєкту є аналіз економічної ефективності експлуатації масиву зрошення приватного підприємства «Перемога АВК» Дніпровського району Дніпропетровської області та обґрунтування заходів щодо підвищення результативності водокористування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити природне зволоження за період спостережень;
- провести порівняння режимів зрошення в роки з різним рівнем водозабезпечення;

- розробити внутрішньогосподарський план водокористування;
- обґрунтувати організаційно-технологічні заходи з експлуатації системи зрошення;
- оцінити вплив масиву зрошення на навколишнє середовище;
- проаналізувати стан охорони праці в господарстві;
- визначити щорічні витрати та економічну ефективність експлуатації масиву зрошення.

# 1. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Географічне розташування та стислий опис об'єкта

Приватне підприємство «Перемога АВК» розташоване у північно-східній частині Дніпропетровського району, на відстані близько 35 км від обласного центру – міста Дніпра. Центральна садиба підприємства знаходиться у селі Чумаки Дніпровського району Дніпропетровської області.

У землекористуванні ПП «Перемога АВК» перебуває 2500 га земель. Село Чумаки розташоване в центральній частині області, у межах фізико-географічної зони Придніпровської низовини, підобласті – Придніпровська рівнина. Сусідніми населеними пунктами є селище Зоря на заході та село Степове [4]. Територія характеризується розвиненою меліоративною інфраструктурою: навколо села проходить значна кількість іригаційних каналів. Поруч із населеним пунктом пролягає автомобільна дорога Т-0405, що забезпечує зручний транспортний зв'язок із райцентром та обласним центром.

Підприємство засноване як виробник сільськогосподарської продукції. Основними напрямками діяльності є вирощування зернових та технічних культур. Окрім рослинництва, господарство займається тваринництвом – розведенням молочних порід великої рогатої худоби, буйволів, коней, а також дрібної рогатої худоби (овець і кіз). Водночас розвиток тваринництва значною мірою залежить від результатів роботи основної галузі – рослинництва.

Площа земель, що перебуває під зрошенням, становить 1482 га. Зрошувані ділянки розташовані в зоні дії Кільченської (Фрунзенської) зрошувальної системи – однієї з найбільших у Дніпропетровській області та важливої для стабільного водозабезпечення агровиробництва.

Оглядова схема розташування земель приватного підприємства «Перемога АВК» наведена на рисунку 1.1.

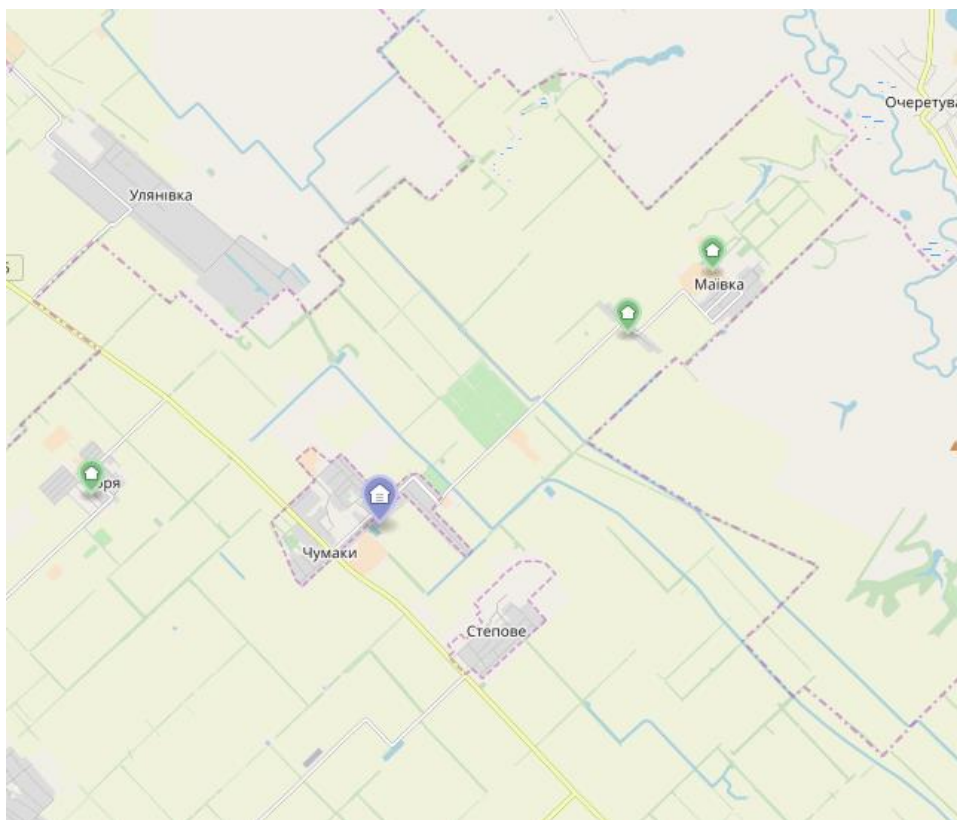


Рисунок 1.1 – Ситуаційна схема розташування ПП «Перемога АВК».

## 1.2 Рельєф місцевості та характеристика гідрографічної мережі

Територія дослідження належить до Лівобережної Придніпровської ерозійно-аккумулятивної низовини, що є частиною широкої рівнинної області, сформованої тривалими процесами водно-ерозійного та аккумулятивного рельєфоутворення. У геоструктурному плані ця територія розташована в зоні переходу між Українським кристалічним щитом та південно-західною периферією Дніпровсько-Донецької западини, що визначає її геологічну будову, поширення осадових порід і характер ґрунтоутворюючих процесів [6].

Рельєф має слабо виражену хвилястість з незначними ухілами поверхні, які коливаються переважно в межах 0,006–0,02. Абсолютні позначки становлять 55–60 м над рівнем моря. Більша частина площ розорана та активно освоєна під сільське господарство. Територія перетинається густою мережею автомобільних

доріг, лісосмуг, ліній електропередач і зв'язку, а також меліоративними каналами й підземними трубопроводами. Масив зрошення характеризується складною мікрорельєфною структурою – численними локальними пониженнями та слабо вираженими улоговинами, які впливають на водний режим ґрунту [6].

У геоморфологічному відношенні досліджувана ділянка приурочена до II надзаплавної тераси річки Дніпро. Її поверхня слабо вирізняється в рельєфі та виявляється переважно на окремих підвищених фрагментах. Межі тераси визначені переважно за даними геологічних та бурових досліджень, адже морфологічно вона виражена слабо. Літологічну будову тераси формують алювіальні піски потужністю до 30 м, над якими залягають суглинки та лесові горизонти дофінівського, бурського та вітачівського віку [7].

Гідрографічно територія належить до басейну Дніпра та його лівобережних приток – річок Кільчень і Чаплинка. Ці водотоки мають типові риси рівнинних річок із переважно сніговим живленням. Гідрологічний режим характеризується виразним весняним підйомом рівнів та формуванням потужної повені, після чого настає тривала літня межень. Восени спостерігається помірне підвищення рівнів води, пов'язане з дощовим живленням.

Розподіл річного стоку є нерівномірним:

- 70–80 % річного об'єму води проходить протягом весняної повені;
- 15–20 % припадає на літньо-осінній період;
- 5–10 % – на зимовий період.

Мінімальні рівні та витрати води відзначаються в серпні–вересні, коли витрата може знижуватися до нульових значень, а максимальні меженні витрати сягають 1,5–4 м<sup>3</sup>/с влітку та 1,8–2,4 м<sup>3</sup>/с взимку [7].

Аналіз гідрологічного режиму свідчить, що річки виконують різні функції залежно від сезону. Лише під час весняної повені вони є областю живлення ґрунтових вод, тоді як протягом решти року – виступають як зони дренажу, забезпечуючи розвантаження підземних вод у руслову мережу. Це визначає специфіку водного балансу території та має важливе значення для планування режимів зрошення.

### 1.3 Геологічна будова та умови залягання підземних вод

Геологічний розріз досліджуваної території є надзвичайно різноманітним і охоплює породи, сформовані протягом майже всієї геологічної історії – від архею до четвертинного періоду. Така шаруватість відкладів зумовлює складну будову земної кори та істотно впливає на формування гідрогеологічних умов району.

Найдавнішу частину розрізу утворюють архейські кристалічні породи – масиви гнейсів та плагіогранітів, що залягають на значних глибинах, інколи понад 1 км. Вище по розрізу локально трапляються протерозойські утворення, представлені здебільшого потужною корою вивітрювання та окремими зонами мігматитів.

Породи палеозою в межах районів поширені повсюдно й складені чергуванням аргілітів, алевролітів, сланців, пісковиків та вапняків кам'яновугільного віку. Вони формують товщу, яка залягає на глибинах орієнтовно 250–300 м і закладає основу для наступних більш молодих нашарувань.

Мезозойські відкладення охоплюють породи тріасового та юрського періодів. Тріасові утворення представлені переважно пісковиками та глинами загальною потужністю до 200–215 м, що залягають на глибинах від 140 до 200 м. Породи юрської системи – піскуваті глини й алевроліти – розвинені переважно у північних районах і формують товщі на глибинах 160–180 м [8].

Відкладення кайнозойської ери є найбільш різноманітними та охоплюють утворення палеогену, неогену та четвертинного періоду. Палеогенові породи представлені трьома стратиграфічними підрозділами – бучацькою, київською та харківською свитами.

Бучацька свита сформована зеленувато-сірими мілко- та середньозернистими пісками, які залягають повсюдно на глибинах 80–135 м, досягаючи потужності 40–60 м. Київські відклади, сформовані дрібнозернистими пісками, мергелями та прошарками щільних глин, мають загальну потужність 30–40 м і залягають на глибинах близько 90–120 м [8].

Харківська свита характеризується широким поширенням і складена переважно кварцево-глауконітовими пісками з прошарками пісковиків і глин. Потужність розрізу становить 22–45 м, а його кривля розташована на глибинах 44–62 м.

Неогенові утворення включають сарматські піски та глини, які безперервно перекривають відклади харківської свити. Піски добре відсортовані, мають мілке та середнє зерно, а їх потужність збільшується у напрямку з півночі на південь – від 7,5 до 30 м. Глини сармату нерівномірно розмиті, особливо у долинних пониженнях річок Кільчень та Чаплинка, де їх товща становить 3–15 м [8].

Верхньопліоценові червоно-бурі глини вкривають територію майже суцільним шаром, за винятком окремих ерозійних ділянок долин. Їх потужність становить 1–7 м, а літологічно вони представлені щільними карбонатними різновидами.

Четвертинні відклади мають найбільше поширення та формують сучасний рельєф. До них належать еолово-делювіальні суглинки вододільних ділянок потужністю 20–55 м, які характеризуються різною щільністю, гумусністю у верхній частині та чергуванням легких, середніх і важких різновидів. Вони часто містять вапнякові конкреції та залізисто-марганцеві включення. У зоні річкових долин сформувалися сучасні алювіальні піски і суглинки потужністю 5–8 м, перекриті суглинками товщиною до 9 м.

Гідромеліоративне освоєння території, зокрема землі ПП «Перемога АВК», тісно пов'язане з умовами живлення і циркуляції підземних вод, що формуються у відкладах четвертинного та палеогенового віку. У межах масиву виділяють декілька водоносних горизонтів – у породах бучацької та київської свит, а також у нижньо- та верхньочетвертинних алювіальних та еолово-делювіальних утвореннях.

Довготривалі спостереження свідчать, що рівень підґрунтових вод суттєво коливається протягом року: від 0,6–2,0 м навесні до 1,7–3,6 м у літньо-осінній період. Хімічні показники вод змінюються мало, а їх мінералізація становить 0,7–2,6 г/дм<sup>3</sup>. Реакція середовища лужна – рН 7,8–8,7. За катіонним складом води стабільно натрієві (60–80 % натрію від суми катіонів), а аніонний склад варіює між

гідрокарбонатним, сульфатно-гідрокарбонатним та гідрокарбонатно-сульфатним типами.

#### 1.4 Кліматичні особливості регіону

Територія проектування розташована в межах Степової природно-кліматичної зони, якій властивий помірно континентальний тип клімату. Для цього регіону характерні спекотне, переважно сухе літо та відносно м'яка зима з частими відлигами. Оскільки об'єкт знаходиться в межах Дніпровського району, на кліматичні умови певною мірою впливають міська забудова, особливості рельєфу та гіпсометричне положення території, що зумовлює локальні зміни температурного режиму та циркуляції повітря [9].

Клімат формується в результаті взаємодії повітряних мас, що надходять як з Атлантичного океану, так і з арктичного регіону, а також континентальних мас, сформованих над Євразією. В холодний період року активно розвивається циклонічна діяльність, яка стає причиною частих змін погоди. Настання зими зазвичай пов'язане з проникненням арктичного холодного повітря, коли над територією встановлюється область підвищеного атмосферного тиску. Для зимового періоду характерні численні відлиги, що виникають через проходження атлантичних і південних циклонів, які несуть тепліші маси повітря.

Навесні нерідко спостерігаються повторні похолодання й заморозки, пов'язані з черговими вторгненнями арктичного повітря, особливо у квітні та на початку травня. У літній період арктичний вплив майже повністю припиняється. Переважає малохмарна погода, зумовлена впливом Азорського антициклону, що створює умови для інтенсивного прогріву приземного шару атмосфери та значної кількості сонячних днів. Саме в цей час зростає ймовірність пилових бур і суховіїв. Стійкі літні умови тривають до середини серпня, після чого режим циркуляції різко змінюється.

Восени із послабленням Азорського антициклону посилюється вплив Сибірського антициклону та західних циклонів, що призводить до збільшення кількості похмурих днів, появи мряки та густих туманів. У другій половині осені частішають обложні опади, характерні для проходження південних циклонів.

Середньобагаторічна температура повітря в регіоні становить близько  $+8,5$  °С. Найтеплішим місяцем є липень із середньою температурою  $+21,3$  °С, найхолоднішим – січень, середня температура якого сягає  $-5,5$  °С. За весь період спостережень зафіксовано абсолютний максимум температури  $+40$  °С (у серпні) та абсолютний мінімум  $-34$  °С (у лютому) [10].

Безморозний період триває в середньому 190 днів, коливаючись у широких межах – від 143 до 228 днів залежно від погодних умов конкретного року. Сума ефективних температур понад  $+10$  °С становить близько  $1312$  °С, а сума активних температур вище  $+10$  °С досягає  $3127$  °С [10].

Весняний перехід середньодобової температури через  $0$  °С зазвичай відбувається в середині березня (близько 14 числа), а стійкий перехід через  $+5$  °С – на початку квітня (близько 2 числа). Восени середньодобові температури опускаються нижче  $+5$  °С наприкінці жовтня, а перехід через  $0$  °С у бік від’ємних значень відбувається орієнтовно 26 листопада [10].

Дата:	найраніша	середня	найпізніша
- останнього приморозку	24. III	12. IV	10. V
- першого приморозку	25. IX	20. X	20. XI

Атмосферні опади є одним із ключових кліматичних чинників, що визначають величину як поверхневого, так і підземного стоку та впливають на водний баланс території. Досліджуваний район належить до зони нестійкого зволоження, для якої характерна значна варіабельність кількості опадів протягом року. Особливо показовими є літні місяці, коли часто спостерігаються тривалі бездощові періоди: понад 20 діб – у середньому двічі на рік, більше 30 днів – щорічно, а посухи тривалістю понад 40 днів фіксуються 6–9 разів за десятирічний період.



Показник	Місяць												По сезонах		За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	VI-X	XI-III	
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
6. Хмарність, бали	7,7	7,7	7,2	6,1	5,7	4,9	4,0	3,9	4,3	5,9	7,7	8,2	5,0	7,7	6,1
7. Випаровування з водної поверхні, мм	-	-	25	51	110	144	169	161	110	59	18	-	804	43	847
8. Випаровування з поверхні суші, мм	4	13	36	56	76	82	72	61	47	31	9	2	427	64	491
9. 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
10. Число днів із швидкістю вітру > 15 м/с	1,9	1,9	1,4	1,4	1,0	1,0	0,9	0,9	0,5	0,8	1,4	1,3	6,5	7,9	14,4
11. Повторюваність вітрів по напрямкам, %**															
ПН	9	12	11	11	15	14	17	15	15	12	8	8	14	10	12
ПНС	13	10	9	13	16	15	9	11	13	13	13	16	13	12	13
С	10	11	12	12	12	10	6	8	5	9	20	15	9	13	11
ПДС	15	18	13	15	10	11	5	7	9	11	18	19	10	17	12
ПД	15	13	19	17	15	13	9	12	17	13	16	16	14	16	15
ПДЗ	13	12	11	10	10	9	8	7	10	13	9	8	9	10	10
З	9	9	8	8	7	8	15	13	12	11	6	6	10	8	9
ПНЗ	16	15	17	14	15	20	31	27	19	18	10	12	21	14	18
ШТИЛЬ	12	12	12	15	15	19	21	24	26	18	10	12	20	12	18

Примітки:

\* - температура повітря подана для берегової зони р. Дніпро з урахуванням міських умов і різниці у гіпсометричному положенні м/с Дніпропетровськ АМСГ і берегової зони 90 м;

\*\* - у зв'язку із значним впливом міських умов і орієнтації долини р. Дніпро на вітровий режим для характеристики повторюваності вітрів по напрямках використані дані м/с Дніпропетровськ, що діяла на території міста з 1839 р. по 1955 р.

Сніговий покрив у межах досліджуваної території характеризується значною мінливістю та нестійкістю, що зумовлено частими зимовими відлигами та опадами у вигляді дощу. Строки формування й танення снігу істотно варіюють залежно від погодних умов конкретного року. Упродовж зими нерідко спостерігаються періоди повного зникнення снігового покриву, що є типовим проявом нестабільного зимового режиму [12].

Дата:	найраніше	середня	найпізніше
- появи снігового покриву	18. X	26. XI	18. XII
- утворення стійкого снігового покриву	25. XI	25. XII	-
- руйнації стійкого снігового покриву	-	3. III	29. III
- сходу снігового покриву	14. II	20. III	7. IV

За багаторічними спостереженнями, у 24 % зим стійкий сніговий покрив на території взагалі не формується, що свідчить про м'який характер зим та домінування відлиг.

У середньому тривалість періоду зі сніговим покривом на території дослідження становить близько 76 днів. Висота снігового шару, як правило, є невеликою та значною мірою залежить від погодних умов окремих зим. У більшості років вона коливається в межах 3–9 см, однак за екстремальних умов може сягати 50 см. Характерною особливістю є постійна зміна щільності снігу, зумовлена частими відлигами і перепадами температури. За багаторічними спостереженнями, середня щільність снігового покриву на етапі його максимального розвитку становить приблизно 0,21 г/см<sup>3</sup>, що відповідає запасам води близько 15 мм.

Вологісний режим повітря формується під впливом циркуляції атмосфери та особливостей підстильної поверхні. Абсолютна вологість має виражену сезонність: мінімальні її значення припадають на січень–лютий (близько 4,2 мб), у березні відбувається її зростання, а річний максимум фіксується в липні, досягаючи близько 15,5 мб. Середнє багаторічне значення абсолютної вологості становить 8,9 мб [10-12].

Відносна вологість повітря, навпаки, є максимальною в холодний період року (84–86 %) і знижується влітку до 58–60 %, що пов'язано з підвищенням температури та збільшенням дефіциту вологості. У середньому за рік цей показник становить 71 %.

Вітровий режим території характеризується високою мінливістю напрямків. Протягом теплого періоду переважають вітри північно-західних румбів, тоді як узимку домінують південно-східні та південні вітри. Це зумовлено особливостями загальної атмосферної циркуляції та орієнтацією долини Дніпра. У літні місяці нерідко спостерігаються суховії – гарячі та сухі вітри, які істотно посилюють випаровування. Ранньою весною, коли рослинний покрив ще не сформований, можливі пилові бурі, що виникають унаслідок швидкого висихання поверхні ґрунту.

## Роза вітрів

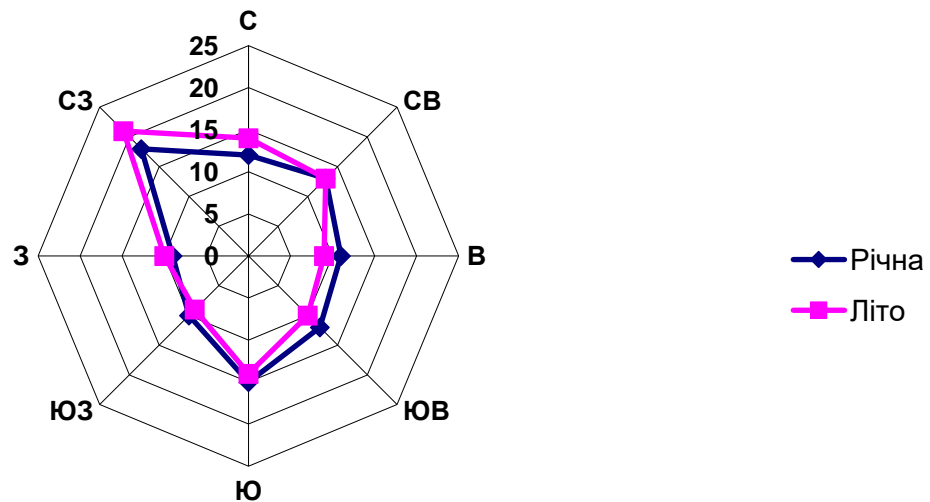


Рисунок 1.2 – Роза вітрів.

Середньобогаторічна швидкість вітру на території дослідження становить близько 4,0 м/с. Найбільш вітряними є зимово-весняні місяці – січень, лютий та березень, коли середні значення швидкості досягають 4,7–4,8 м/с. Найспокійніші умови спостерігаються у серпні та вересні, для яких характерні мінімальні швидкості вітру на рівні 3,0–3,1 м/с.

Щорічно в середньому фіксується близько 14 днів із сильним вітром, коли його швидкість перевищує 15 м/с; максимальна кількість таких днів може сягати 26 на рік. Вітри зі швидкістю близько 21 м/с спостерігаються щороку, а екстремальні пориви до 28 м/с можливі приблизно один раз на 20 років.

### 1.5 Огляд ґрунтового різноманіття території

Основу ґрунтоутворюючих порід на досліджуваній території становлять лесоподібні суглинки, що формують верхні горизонти ґрунтового профілю. У нижніх частинах схилів та в улоговинах накопичення стоку вони заміщуються перевідкладеними лесоподібними відкладами. За механічним складом ці породи належать до важкосуглинистих, що зумовлює їхні фізичні властивості та водно-повітряний режим.

Відповідно до ґрунтово-географічного районування, площа дослідження розташована в зоні Степу, у межах Північного степу, в Дніпровсько-Дністровській ґрунтовій провінції. Територія належить до Дніпровсько-Дністровського ґрунтового округу, для якого характерні поєднання середньопотужних малогумусних чорноземів на слабко хвилястих рівнинах.

Рівень ґрунтових вод у межах господарства залягає на глибині 3–6 м, що зумовлює формування переважно лучно-чорноземних солонцюватих пилувато-легкосуглинкових ґрунтів. Місцями зустрічаються ділянки чорноземів звичайних середньогумусних. У зниженнях рельєфу залягають чорноземи лучні та лучно-глеюваті, переважно середньо- та легкосуглинисті, тоді як підвищені елементи рельєфу займають малогумусні чорноземи піщано-легкосуглинкового складу.

Серед лучно-чорноземних ґрунтів найбільш поширеними є пилувато-середньосуглинисті ґрунти, сформовані на лесоподібних суглинках. Їхній морфологічний профіль має такі основні риси [13]:

- **Гумусовий горизонт (Н)** потужністю 39–45 см, темно-сірого забарвлення, середньосуглинистий. Орний шар сягає 25–27 см і характеризується грудкувато-пилуватою структурою. У підорному ґрунті структура стає зернисто-грудкуватою, щільнішою.
- **Гумусово-перехідний горизонт (НРК)** залягає на глибині 39–45 до 65–70 см, має темно-сірий колір з бурим відтінком, горіхувато-зернисту структуру та підвищену щільність; трапляються кротовини.
- **Перехідний горизонт (РНК)** перебуває в межах 65–70 до 100–105 см, має сірувато-буре забарвлення, вирізняється значною щільністю та наявністю біогенних порожнин.
- **Материнська порода (Рк)** представлена пилувато-бурими середньосуглинистими відкладами, пухкими або помірно ущільненими, з поодинокими капролітами.

Загальна потужність гумусованої частини профілю сягає 100–105 см. Карбонати, як правило, виявляються на глибині 66–90 см. Реакція ґрунтового роз-

чину коливається від нейтральної до слабколужної на чорноземах та до середньо-лужної – на солонцюватих ґрунтах. Найвищою природною родючістю характеризуються звичайні чорноземи середньогумусні, тоді як солонці мають найнижчий агровиробничий потенціал. Оптимальними культурами для вирощування на цих ґрунтах є зернові та технічні культури (соняшник, рапс, цукрові буряки), за умови суворого дотримання агротехніки.

У господарстві здійснюється регулярний контроль меліоративного стану зрошуваних земель. Сольова зйомка проводиться у масштабі 1:25000 та повторюється з різною періодичністю залежно від екологомеліоративного стану (ЕМС): раз на 5–7 років – на ділянках із добрим ЕМС, через 3–5 років – із задовільним, та кожні 2–3 роки – за незадовільного стану. На землях ПП «Перемога АВК» такі дослідження виконуються раз на 5 років з 1986 року (у 1991, 1997, 2002, 2007, 2016 рр.).

Польові та камеральні роботи проводяться фахівцями Дніпропетровської гідрогеолого-меліоративної експедиції, тоді як аналіз фізико-хімічних властивостей ґрунтів – у лабораторії моніторингу вод та ґрунтів. У процесі обробки первинних даних визначають тип та ступінь засолення, солонцюватість ґрунтів, а також глибину залягання першого сольового та солонцевого горизонтів.

Дослідження виконуються на всій площі зрошення, однак фактичні площі поливу змінювалися в різні роки залежно від природних, технічних та господарських умов.

## 1.6 Основні властивості води для зрошення

Джерелом водопостачання розглянутої ділянки зрошення є озеро Озерище, що входить до групи так званих Протовчанських озер - залишкових заплавних водойм, які утворилися в старому руслі колишньої річки Протовча. Історично Протовча була відокремленою заплавною гілкою Приорілля; у 1960-х роках у межах меліоративних та регулювальних робіт було прокладено нове річище річки Оріль,

внаслідок чого тектоніко-гідрологічна сітка району зазнала суттєвих трансформацій і утворилися низка стариць та озер, до яких належить і Озерище [14].

Гідрологічна мінерально-водна характеристика озера визначається переважно атмосферним і талим живленням: за оцінками регіональних гідрологічних джерел, на ці компоненти припадає близько 65–85 % загального притоку, поряд із внеском підземних вод і локальних струмків. Така питома вага поверхневого живлення робить рівень води і якість озера чутливими до сезонних опадів і змін кліматичного режиму [15].

Практично це означає, що при плануванні забору води для іригації необхідно враховувати сезонні коливання: навесні та в період танення снігу ресурс істотно зростає, у літній посушливий період – зменшується. Локальна прив'язка озера до села Чумаки та його використання як водоприймача чи джерела регулюється також місцевими господарськими потребами (рекреація, мале риборозведення, місцеве водокористування).

Через походження озера як стариці колишньої заплави, його гідродинаміка і обмін з підземними водами є типовими для малих озер Придніпров'я: помірні швидкості оновлення, підвищена залежність від літньо-осінніх опадів і значуща роль локальної гідрогеології у підтримці рівня води. Це накладає обмеження на добовий/сезонний обсяг водозабору – планові забори повинні бути спроектовані так, щоб не порушувати природний баланс живлення та не призвести до деградації водного масиву.

Для визначення придатності води до зрошення застосовують комплексний підхід, що враховує агрономічні, технічні та екологічні критерії [16, 17].

#### 1. Агрономічні критерії

Ці показники визначають вплив води на:

- продуктивність сільськогосподарських культур, включаючи рівень урожайності та темпи розвитку рослин;
- якість врожаю, його харчову та товарну цінність, здатність до зберігання;
- стан ґрунтового покриву, зокрема попередження засолення, солонцюватості, содоутворення, слитизації та порушення біологічних процесів у ґрунті.

## 2. Технічні критерії

Спрямовані на оцінку впливу якості води на елементи гідромеліоративної системи – канали, трубопроводи, дощувальні машини тощо. Надмірна мінералізація або наявність завислих частинок можуть прискорювати корозію, засмічення та зменшувати тривалість експлуатації обладнання.

## 3. Екологічні критерії

Забезпечують оцінку зрошувальної води з позицій охорони довкілля та санітарно-гігієнічної безпеки населення. Враховується вплив як на природні екосистеми, так і на загальний стан ландшафтів зрошуваної території.

Під час визначення нормативних показників для зрошувальної води необхідно враховувати [16, 17]:

- кліматичні особливості регіону та здатність ґрунту до поглинання вологи;
- рівень природної дренажності території;
- глибину залягання та склад підземних вод;
- солестійкість культур, що вирощуються;
- прийняту технологію зрошення.

Оцінимо якість води, відібраної в озері Озерище (табл.1.2).

Таблиця 1.2 - Результати хімічного аналізу води для потреб зрошення

Показник	рН	Аніони				Катіони			С у м а		
		$CO_3^{-2}$	$HCO_3^{-1}$	$Cl^{-1}$	$SO_4^{-2}$	$Ca^{+2}$	$Mg^{+2}$	$Na^{+1}$	аніонів	катионів	іонів
Еквівалентна маса	8,4	30	61	35,5	48	20	12	23	-	-	-
Мг/л		18	293	213	706	116	146	191	-	-	1683
Мг-екв/л		0,6	4,8	6,0	14,7	5,8	12,0	8,3	26,1	26,1	52,2
%-екв		2,3	18,4	23,0	56,3	22,2	46,0	31,8	100	100	-

Для переходу від концентрації іонів, виражених у мг/л, до мг-екв/л, необхідно значення вмісту кожного іона в мг/л поділити на його еквівалентну масу. Після перерахунку суми катіонів і аніонів у мг-екв/л повинні бути рівними.

Для визначення йонного складу у %-еквівалентах суму катіонів та суму аніонів приймають за 100%. Вміст кожного окремого іона перераховують у відсотках від відповідної суми.

За даними табл. 1.2 можна зробити висновок, що досліджувана вода належить до сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієво-кальцієвого типу.

Оцінка якості зрошувальної води

Оцінювання придатності води для зрошення слід проводити на основі низки хімічних показників.

1. Оцінка за небезпекою вторинного засолення ґрунтів

Для цього необхідно знати:

загальну мінералізацію води, яка в даному випадку становить 1,683 г/л;

- вміст токсичних іонів, виражених в еквівалентах хлору, з урахуванням гранулометричного складу ґрунту [16, 17].

Для обчислення кількості токсичних солей у зрошувальній воді (в перерахунку на еквіваленти хлору) іони сполучають у гіпотетичні молекули токсичних та нетоксичних солей у певній послідовності (табл. 1.3).

Отримане для даного випадку співвідношення гіпотетичних молекул вказане в табл.1.4.

Таблиця 1.3 - Послідовність зв'язування іонів в токсичні та нетоксичні солі

Катіони	А н і о н и			
	$CO_3^{-2}$	$HCO_3^{-1}$	$SO_4^{-2}$	$Cl^{-1}$
$Ca^{+2}$	-	2	5	8
$Mg^{+2}$	-	3	6	9
$Na^{+1}$	1	4	7	10

Однак не всі солі є токсичними рис.1.3.

	NaCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	
токсичні	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgCO <sub>3</sub>	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	нетоксичні
	CaCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	

Рисунок - 1.3 Токсичні та нетоксичні сполуки, що знаходяться у зрошувальній воді

Таблиця 1.4 – Співвідношення гіпотетичних молекул токсичних та нетоксичних солей

Катіони	А н і о н и			
	$CO_3^{-2}$	$HCO_3^{-1}$	$SO_4^{-2}$	$Cl^{-1}$
$Ca^{+2}$	-	1,2	4,7	-
$Mg^{+2}$	-	1,6	-	-
$Na^{+1}$	0,6	2	10	6

Перерахування суми токсичних солей в еквіваленти хлору проводять за формулою

$$E_{кв}Cl^{(токс)} = Cl^{(токс)} + 0,2SO_4^{2-(токс)} + 0,4HCO_3^{-(токс)} + 10CO_3^{2-}, \quad (1.1)$$

де  $E_{кв}Cl^{(токс)}$  – сума токсичних солей в еквівалентах хлору, мг-екв/л;  $Cl^{(токс)}$  – вміст токсичних хлоридів, мг-екв/л;  $SO_4^{2-(токс)}$  – вміст токсичних сульфатів, мг-екв/л;  $HCO_3^{-(токс)}$  – вміст токсичних гідрокарбонатів, мг-екв/л;  $CO_3^{2-}$  - вміст нормальних карбонатів, мг-екв/л.

Тобто для даного випадку отримаємо

$$E_{кв}Cl^{(токс)} = 6,0 + 0,2 \cdot 10 + 0,4 \cdot 2,8 + 10 \cdot 0,6 = 15,12 \text{ мг} - \text{екв/л.}$$

Відповідно до узагальнених довідкових даних [12], за величиною загальної мінералізації (1,683 г/л) та кількістю токсичних іонів, перерахованих у хлор-еквіваленти (15,12 мг-екв/л), досліджувану воду слід зарахувати до другого класу. Це означає, що вона є обмежено придатною для зрошення незалежно від типу ґрунту.

2. Оцінювання води за схильністю до спричинення підлуження або підкислення ґрунтів

Аналіз цієї ознаки виконують шляхом комплексної інтерпретації значення рН, токсичної лужності та лужності карбонатів відповідно до критеріїв [16].

Мінералізовані води, що застосовуються для зрошення, зазвичай характеризуються нейтральною або різною мірою лужною реакцією.

У нашому випадку вода потрапляє до 1 класу, 3 підкласу, що підтверджується такими параметрами:

- величина рН і концентрація іонів  $\text{CO}_3^{2-}$  становить 0,6 мг-екв/л;
- токсична лужність, визначена як різниця ( $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ ), дорівнює 1,2 мг-екв/л.

Отже, така вода придатна лише для поливу кислих ґрунтів, а для уникнення опіків листової маси рослин при її використанні *потребує попереднього підкислення*.

### 3. Аналіз небезпеки ураження листків і кореневої системи

Під час визначення придатності води за цим критерієм враховують загальну лужність, токсичну лужність, наявність нормальних карбонатів, а також концентрацію хлорид-іонів. На основі нормативних даних [16] отримано такі характеристики:

- загальна лужність ( $\text{HCO}_3^-$ ) – 4,8 мг-екв/л;
- токсична лужність ( $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ ) – 2 мг-екв/л;
- лужність нормальних карбонатів ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) – 0,6 мг-екв/л;
- концентрація хлорид-іонів ( $\text{Cl}^-$ ) – 6,0 мг-екв/л.

За вмістом гідрокарбонатів ( $\text{HCO}_3^-$ ) вода належить до другої групи небезпеки, що вказує на ризик негативного впливу, особливо під час дощування в денний час за високих температур. Водночас за значеннями токсичної лужності, карбонатів та хлоридів вода відповідає першій групі, тобто її використання у цьому аспекті вважається безпечним.

Таким чином, загальна оцінка свідчить про відсутність критичної небезпеки при використанні даної води для зрошення.

### 4. Визначення небезпеки осолонцювання ґрунтів

Оцінювання ризику осолонцювання здійснюється шляхом порівняння суми катіонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{K}^+$  із сумарною концентрацією всіх катіонів. Додатково беруть до

уваги гранулометричні властивості ґрунтів, їх буферну здатність та співвідношення  $Mg^{2+}/Ca^{2+}$  у воді. Розрахунок виконують на основі табличних матеріалів [18] із поправкою на класи небезпеки засолення та підлуження, отримані на попередніх етапах.

Для цього застосовується формула:

$$\frac{Na^+}{Na^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}} 100\%. \quad (1.2)$$

Для даного випадку отримаємо

$$\frac{31,8}{31,8 + 46,0 + 22,2} 100 = 31,8\%.$$

У нашому випадку частка катіонів натрію становить 31,8 % від загальної кількості катіонів. Відповідно до класифікації придатності води для зрошення, така вода належить до першого класу за небезпекою засолення. Це свідчить про те, що ризик осолонцювання ґрунтів є мінімальним, тому вода може використовуватися без будь-яких обмежень на всіх типах ґрунтів.

Оцінювання можливого осолонцювання також може ґрунтуватися на аналізі лужної характеристики  $K_a$ , визначення якої здійснюється за методом Стеблера. Значення  $K_a$  розраховують, виходячи зі співвідношення основних катіонів і аніонів у воді, виражених у мг-екв/л. Такий підхід дозволяє більш точно оцінити тенденції до лужного погіршення властивостей ґрунту при тривалому застосуванні даної зрошувальної води. Так як в даному випадку  $0 < Na^+ - Cl^- < SO_4^{2-}$ , тобто  $0 < 0,5 < 2,5$ , то  $K_a$  визначаємо за формулою

$$K_a = \frac{228}{Na^+ + 4 \cdot Cl^-}. \quad (1.3)$$

Для даного випадку отримаємо

$$K_a = \frac{228}{8,3 + 4 \cdot 6,0} = 7,0.$$

Якість поливної води оцінюють в залежності від отриманого значення  $K_a$ . При  $K_a > 18$  вода є добра,  $K_a = 18 \div 6$  – задовільна,  $K_a = 6 \div 1,2$  – незадовільна,  $K_a < 1,2$  – погана. Отже в даному разі вода є задовільною:  $K_a = 7$ .

Оцінку якості води можна проводити за коефіцієнтом поглинання (SAR)  $\text{Na}^+$  ґрунтом з води за формулою

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}. \quad (1.4)$$

Для даного випадку

$$\text{SAR} = \frac{8,3}{\sqrt{\frac{5,8 + 12}{2}}} = 2,78.$$

При значеннях SAR від 0 до 10 небезпека осолонцювання ґрунту низька,  $10 \div 18$  – середня,  $18 \div 26$  – висока,  $> 26$  – дуже висока. Тобто в даному випадку згідно із формулою (2.4) небезпека осолонцювання ґрунту низька, так як показник  $\text{SAR} = 2,78$ .

М.М.Антиповим-Катаєвим запропонована залежність критичного вмісту солей від загальної мінералізації води

$$\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{\text{Na}^+} \geq 0,23 \cdot C, \quad (1.5)$$

де  $C$  – загальна мінералізація води, г/л.

Для даної води

$$\frac{1,16 + 1,46}{1,91} \geq 0,23 \cdot 1,683,$$

$$1,37 \geq 0,38.$$

Нерівність справджується, тобто процес осолонцювання не повинен мати місця.

Крім осолонцювання ґрунту іонами натрію, можливе також відбуватись осолонцювання іонами магнію. Оцінку якості води за небезпекою осолонцювання ґрунтів іонами магнію можна провести за класифікацією Соболяча та Дараба, за потенціальним вмістом магнію в поливній воді. Показник, вище якого магній негативно впливає на ґрунт, визначаємо за формулою [16, 18]

$$\frac{\text{Mg}^{2+} \cdot 100\%}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}} \leq 50\%. \quad (1.6)$$

Для даного випадку отримаємо

$$\frac{1,46 \cdot 100}{1,16 + 1,46} \leq 50\%,$$

$$48,2\% \leq 50\%.$$

Аналіз отриманих результатів свідчить про відсутність ризику осолонцювання ґрунту магнієвими солями, тобто процес нагромадження  $\text{Mg}^{2+}$  не очікується.

Узагальнюючи всі виконані розрахунки, можна стверджувати, що дана зрошувальна вода належить до умовно придатних для поливу сільськогосподарських культур. Проте для забезпечення сталого меліоративного стану ґрунтів та мінімізації можливих негативних екологічних наслідків необхідно впровадити комплекс профілактичних заходів [16, 19], серед яких:

- застосування раціональних доз мінеральних добрив з урахуванням біологічних особливостей культур і запланованого врожаю;
- повне внесення фосфорно-калійних добрив під зяблеву оранку;
- використання азотних добрив навесні із загортанням їх на глибину оранкового шару;

- надання переваги малорухомим формам азоту, таким як сульфат амонію, сечовина та аміачна селітра;
- збільшення густоти стояння рослин для поліпшення водного режиму та інтенсифікації засвоєння елементів живлення;
- регулярне проведення міжрядних обробітків просапних культур;
- систематичне вапнування ґрунтів для підтримання оптимальних агрохімічних показників.

## 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ ЗРОШЕННЯ

Зрошення є одним із ключових інструментів інтенсифікації аграрного виробництва та вирішальним чинником підвищення продуктивності землеробства. Керування водним режимом ґрунту за допомогою поливів забезпечує більш ефективне використання природних ресурсів – кліматичних умов, родючості ґрунтів, потенціалу сортів, добрив та сучасних технологій вирощування культур.

Час проведення поливів і їх норми визначаються низкою факторів: біологічними властивостями конкретної культури, поточними метеорологічними умовами та загальним станом агроценозу. У меліоративній практиці для обґрунтування потреби в поливній воді застосовують поняття сумарного водоспоживання рослинного угіддя [20].

У гідрології аналогічне явище описується терміном сумарне випаровування, тоді як у зарубіжній науковій літературі частіше використовують поняття евапотранспірація.

Складовими евапотранспірації є: транспірація – виділення водяної пари рослинами в процесі їхнього росту й розвитку; випаровування з ґрунту – фізичне випаровування вологи з його поверхні, яке відбувається незалежно від наявності рослинного покриву.

Величина сумарного водоспоживання визначається вмістом вологи у ґрунті, фізіолого-біологічними властивостями культур, погодними умовами та рівнем агротехнічного забезпечення. За оптимального зволоження ґрунту цей показник перебуває під впливом параметрів рослинного покриву й теплового стану навколишнього середовища, тобто має чітко виражений біокліматичний характер.

Для оцінювання сумарного водоспоживання як у нашій країні, так і за кордоном, значне поширення отримали розрахункові методи, засновані на використанні рівнянь тепло- та вологообміну в системі «ґрунт – рослина – атмосфера» [21, 22, 23].

## 2.1 Біокліматичний метод А.М. та С.М. Алпатьєвих

Запропонований метод використовується для визначення сумарного випаровування з поверхні зрошуваних полів протягом вегетаційного періоду за умови, що зволоження кореневмісного шару ґрунту підтримується не нижче 65 % НВ. Методика враховує біологічні особливості конкретних сільськогосподарських культур і базується на залежності випаровування від дефіциту вологості повітря. Розрахунок випаровування проводиться за формулою [21]

$$E = k_{\sigma} \sum d, \quad (2.1)$$

де  $E$  – сумарне випаровування, мм;  $k_{\sigma}$  – біологічний коефіцієнт випаровування, що змінюється за характерною для кожного виду рослин кривій;  $\sum d$  – сума середніх добових дефіцитів вологості повітря за період (мб) на висоті 2,0 м.

Біологічний коефіцієнт визначають на основі даних про фактичне водоспоживання ( $E_e$ ) сільськогосподарських культур у різні фази вегетації при підтримці оптимального рівня зволоження поливами

$$k_{\sigma} = \frac{E_e}{\sum d}, \quad (2.2)$$

де  $E_e$  – водоспоживання за будь-який розглянутий період часу (наприклад за декаду). Визначають експериментальним шляхом, мм;  $\sum d$  – сума добових дефіцитів вологості повітря за той же період, мб.

Значення біологічного коефіцієнта можуть істотно варіювати як між різними культурами, так і в межах однієї культури. Тому для підвищення точності розрахунків доцільно визначати його безпосередньо для кожної культури в конкретній ґрунтово-кліматичній зоні.

Оскільки значення  $k_{\delta}$  змінюється протягом вегетації залежно від фенологічних фаз розвитку, біологічну криву доцільно подавати як функцію суми середньодобових температур  $\sum t$ , оскільки саме теплозабезпеченість визначає темпи росту рослин.

У випадках, коли у певній зоні зрошуваного землеробства відсутні експериментальні дані щодо величини біологічного коефіцієнта, допускається використання усереднених значень, отриманих для умов України. При цьому необхідно вводити поправку на суму температур і тривалість світлового дня. Для цього розраховані величини  $\sum t$  множать на коефіцієнт переходу до 12-годинного дня, який залежить від географічної широти та фази року.

До появи сходів культури приймають такі значення коефіцієнта:  $k_{\delta} = 0,15$  – за відсутності опадів;  $k_{\delta} = 0,19$  – за умов частих атмосферних опадів.

Після визначення значень  $k_{\delta}$  та  $\sum d$ , за формулою (2.1) обчислюють випаровування за відповідний період. Під час визначення сумарного випаровування необхідно враховувати можливий капілярний приплив води та поглинання вологи кореневою системою із шарів ґрунту, розташованих нижче розрахункового горизонту. Для цього застосовується поправочний коефіцієнт  $k_g$ , значення якого залежить від глибини залягання рівня ґрунтових вод. За умови глибинного залягання ( $H > 3$  м) його приймають таким: для культур весняного посіву: у першу чверть вегетації – 1,00; у другу – 0,95; у третю – 0,90; у четверту – 0,85;

для озимих культур (від весняного відновлення вегетації до завершення наливу зерна): відповідно 0,95, 0,90 та 0,85;

для багаторічних трав протягом усього періоду вегетації  $k_g = 0,85$ .

Додатково слід враховувати мікрокліматичний ефект, що виникає під час зрошення. Для його врахування застосовують поправочний коефіцієнт ( $k_m$ ) (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2. Значення поправочний коефіцієнт на мікроклімат ( $k_m$ ) [21]

Місяць \ Зона	04	05	06	07	08	09	Середнє
Лісостеп	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,96	0,98
Степ	1,00	0,97	0,95	0,93	0,90	0,90	0,94

## 2.2 Удосконалений біокліматичний метод В.П. Остапчика

Подальший розвиток біокліматичного підходу до визначення водоспоживання сільськогосподарських культур був здійснений В.П. Остапчиком, який запропонував удосконалений варіант методу. Його відмінною рисою є розділення сумарного випаровування на два компоненти: випаровування з відкритої поверхні ґрунту; випаровування з тієї частини поля, що вже вкрита рослинністю.

Такий підхід дозволяє точніше врахувати динаміку формування водоспоживання на різних етапах розвитку культури, особливо у перехідні періоди, коли змінюється частка площі з рослинним покривом.

Сумарне випаровування (еватранспірація) за удосконаленим біокліматичним методом визначається залежно від ступеня розвитку рослин і частки покриття поля [21, 22]

$$E = \phi \cdot E_0 + (1 - \phi) \cdot E_2, \quad (2.3)$$

де  $\phi$  – показник ступеня проектного покриття поля рослинами, що визначається із відношення  $\phi = \frac{a_n}{a_n^{kp}}$ , в якому  $a_n$  та  $a_n^{kp}$  – поточна та критична ступінь покриття поля рослинами.

Таким чином, величина  $\phi$  визначає частку евапотранспірації, що припадає на рослинний покрив, тоді як  $(1 - \phi)$  відображає частку випаровування з оголеного ґрунту.

Для площі, на якій є рослинний покрив, а також для всього поля у разі досягнення критичного покриття, величина випаровування визначається

$$E_{\bar{o}} = k_{\bar{o}} \cdot E_g, \quad (2.4)$$

де  $E_g$  – суми випаровування з водної поверхні випаровувача ГГИ-3000;  $k_{\bar{o}}$  – біокліматичний коефіцієнт, який відображає зміну водоспоживання залежно від фази розвитку культури.

Біокліматичний коефіцієнт має характерну сезонну криву для кожної культури: на початку вегетації  $k_{\bar{o}} < 1,0$ ; у період максимального фізіологічного навантаження рослин (бутонізація, цвітіння, налив зерна) він зростає до 1,1–1,2; на завершальних етапах розвитку культури знижується у зв'язку зі старінням листяного апарату [22, 24].

Випаровування з відкритої поверхні ґрунту є значущим до моменту, коли рослини перекривають приблизно 60 % площі поля. Його величина сильно залежить від: наявності та часу випадіння опадів; вологості та структури ґрунту; температурних умов; швидкості висушування верхнього шару.

Після проходження дощу або поливу спостерігається різке підвищення випаровування, яке через 2–3 доби стабілізується до мінімального рівня, характерного для сухої поверхні ґрунту [22, 24].

Цикл збільшення звичайно триває три дні, а в вологу погоду – чотири. За даними багаторічних досліджень отримано низку регресійних залежностей між випаровуванням з ґрунту та випаровуванням з водної поверхні ГГИ-3000  $E_g$ .

$$E_2^c = 0,14E_g + 0,39, \quad (2.5)$$

$$E_2^1 = 0,94E_g - 0,44, \quad (2.6)$$

$$E_2^2 = 0,60E_g - 0,19, \quad (2.7)$$

$$E_2^3 = 0,49E_g - 0,10, \quad (2.8)$$

де  $E_{\Gamma}^c$  – випаровування з поверхні сухого ґрунту;  $E_{\Gamma}^1, E_{\Gamma}^2, E_{\Gamma}^3$  – випаровування з поверхні ґрунту після атмосферних опадів або поливів через 1, 2 та 3 дня.

Величина добового випаровування в день випадіння опадів залежить від того, коли саме ґрунт був зволожений (ранковий, денний або вечірній період). Для спрощення розрахунків приймають, що момент зволоження відповідає полудню [22, 24].

$$E_{\Gamma}^0 = 0,5(E_{\Gamma}^{\tau} + E_{\Gamma}^1), \quad (2.9)$$

де  $E_{\Gamma}^{\tau}$  – випаровування з поверхні ґрунту, що залежить від дня випадіння опадів –  $E_{\Gamma}^1, E_{\Gamma}^2, E_{\Gamma}^3$  чи  $E_{\Gamma}^c$ .

При розрахунку випаровування  $E_{\Gamma}$  за декадні періоди використовують формулу [22, 24]

$$E_{\Gamma} = E_{\Gamma}^0(0,328 + 0,01P + 0,04N_p), \quad (2.10)$$

де  $P$  – сума атмосферних опадів за декаду, мм;  $N_p$  – кількість днів за декаду з опадами більше 1 мм.

Значення  $E_{\Gamma}^0$  – випаровування з поверхні води – рекомендується отримувати з матеріалів найближчого метеорологічного поста, обладнаного випарувачем ГГИ-3000. Оскільки мережа таких приладів недостатньо щільна, допускається використання: регіональних залежностей для визначення  $E_{\Gamma}^0$  або розрахунків випаровуваності за формулою М.М. Іванова, що дає задовільну точність у більшості кліматичних умов [21].

### 2.3 Біофізичний метод Д.А. Штойко

Одним із методів визначення строків та норм поливів у зрошувальних системах є біофізичний метод, розроблений Д.А. Штойком в Українському науково-дослідному інституті зрошуваного землеробства. На відміну від біокліматичних підходів, метод Штойка спирається на взаємозв'язки між температурним режимом, відносною вологістю повітря та динамікою водоспоживання рослин, що дає змогу оперативно оцінювати потребу в поливі [25].

Метод доцільно використовувати лише за певних агрономічних та ґрунтово-кліматичних умов, визначених автором. Зокрема, він рекомендований у випадках, коли:

- зрошення здійснюється на легко-, середньо- та важкосуглинкових чорноземних південних районів або на каштанових ґрунтах;
- вологість розрахункового шару ґрунту повинна підтримуватися:
- не нижче 80 % НВ – для важкосуглинкових ґрунтів,
- у межах 70–75 % НВ – для легко- та середньосуглинкових;
- орієнтовні поливні норми у розрахунковому шарі товщиною 0,7 м зазвичай становлять 400–600 м<sup>3</sup>/га, що узгоджується з водоємністю таких ґрунтів.

Таким чином, метод Штойка найбільш ефективний у регіонах із теплим та посушливим кліматом, де роль атмосферної вологи є мінімальною, а водний баланс ґрунту значною мірою визначається процесами евапотранспірації.

Для визначення сумарного водоспоживання за певний період використовують дві емпіричні формули

$$E = \sum t \cdot \left( 0,1 \cdot t_c - \frac{a}{100} \right), \quad (2.11)$$

$$E = \sum t \cdot \left( 0,1 \cdot t_c + 1 - \frac{a}{100} \right), \quad (2.12)$$

де  $E$  – сумарне випаровування (водоспоживання) за обраний період, м<sup>3</sup>/га;  
 $\sum t$  – сума середньодобових температур за період, °С;  $t_c$  – середня температура повітря за цей же період, °С;  $a$  – середня відносна вологість повітря за період, %.

Автором методу визначено два критичні етапи розвитку рослин, для яких застосовуються різні залежності [25]:

Перша формула (2.11) використовується: від моменту посіву або весняного відновлення вегетації; до часу, коли рослини повністю затінюють поверхню ґрунту; а також після початку старіння рослин (фаза пожовтіння листя, початок дозрівання). У цей період випаровування ґрунтом є суттєвим, тому сумарне водоспоживання тісно пов'язане із сумою температур.

Друга формула (2.12) застосовується: від повного затінення поверхні ґрунту до початку дозрівання, тобто в фазу найбільш інтенсивного росту та максимального водоспоживання.

Тут випаровування з ґрунту мінімальне, і основний внесок у водоспоживання забезпечує транспірація, яка визначається температурою та дефіцитом вологості повітря.

Наприклад: стосовно кукурудзи діапазони застосування формул виглядають так: Формула (2.11) використовується: від появи сходів до утворення 12–14 листка, після фази молочної стиглості, коли рослини втрачають активність.

Формула (2.12) застосовується: у період між формуванням 12–14 листка та настанням молочної стиглості, тобто тоді, коли рослина досягає максимального розвитку листкової поверхні та найвищого рівня транспірації.

#### 2.4 Метод FAO для розрахунку режимів зрошення

Методика розрахунку водоспоживання та режимів зрошення, рекомендована Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (FAO), є однією з найбільш універсальних і широко застосовуваних систем у світовій практиці іригаційного землеробства. Вона викладена у доповіді FAO [26].

Метод FAO базується на визначенні потенційної евапотранспірації культури ( $ET_c$ ) через основний показник – еталонну евапотранспірацію ( $ET_o$ ). Величина  $ET_o$  характеризує випаровування зі стандартної трав'яної поверхні при оптимальному забезпеченні вологою та ідеальних умовах росту. Такий підхід дозволяє відокремити кліматичні чинники від біологічних особливостей культур, після чого специфічні властивості рослин враховуються за допомогою коефіцієнта культури  $K_c$  [26, 27]. Загальна формула має вигляд

$$ET_c = K_c \cdot ET_o, \quad (2.13)$$

Метод охоплює оцінку кліматичних параметрів, характеристик ґрунту, особливостей розвитку культури та управління зрошенням. Його універсальність дозволяє застосовувати метод для умов широкого спектра кліматичних зон, у тому числі для степових та лісостепових районів України [26].

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2.14)$$

де  $R_n$  сумарний надходжений нетто-потік сонячної радіації, МДж/(м<sup>2</sup>·доба);  $G$  – тепловий потік у ґрунт, МДж/(м<sup>2</sup> ·добу);  $T$  – середньодобова температура, °С;  $u_2$  – швидкість вітру на висоті 2 м, м/с;  $(e_s - e_a)$  – дефіцит тиску водяної пари, кПа;  $\Delta$  – нахил кривої насиченого водяного пароутворення, кПа/°С;  $\gamma$  – психрометрична стала, кПа/°С.

Метод Пенмана–Монтейна визнаний найбільш точним і рекомендованим FAO як стандартний для планування поливного режиму, зокрема у регіонах із посушливим кліматом.

Для визначення  $ET_0$  використовуються щоденні метеорологічні спостереження: температура повітря (мінімальна, максимальна), відносна вологість, швидкість вітру, сонячна радіація або тривалість сонячного сяйва.

У випадку недостатнього забезпечення радіаційними спостереженнями FAO пропонує наближені методи розрахунку короткохвильової радіації на основі географічних координат та хмарності.

Коефіцієнт культури відображає індивідуальні особливості кожної культури, пов'язані з морфологічними характеристиками, листковою поверхнею та фазами розвитку. Значення  $K_c$  наводяться у таблицях FAO і є результатом узагальнення багаторічних польових досліджень [26, 27]. FAO поділяє цикл розвитку культури на чотири основні періоди: Initial stage – початковий період; Crop development stage – період інтенсивного росту; Mid-season stage – середина вегетації (максимальне транспірування); Late-season stage – завершальний період.

Для кожного етапу наведено характерні значення  $K_c$ .

Після отримання  $ET_c$  розраховують загальне водоспоживання польової культури, яке включає: сумарну евапотранспірацію, втрати на фільтрацію, дощові опади, кореневий підсмокт ґрунтових вод (за наявності).

Ефективні опади визначаються з урахуванням тієї частини атмосферних опадів, яка реально може бути використана рослинами. FAO рекомендує застосовувати метод USDA-SCS або метод фіксованого коефіцієнта залежно від умов [26, 27].

Планування поливів здійснюється з урахуванням водоутримуючої здатності ґрунту та допустимого дефіциту вологи RAW (readily available water). Розрахунок добових  $ET_c$  та  $ET_{c\_dep1}$  дозволяє визначити момент досягнення критичного рівня дефіциту вологи, за якого необхідно призначати полив [26, 28].

Методика визначення водоспоживання сільськогосподарських культур за рекомендаціями FAO (Allen et al., 1998) [26] набула широкого поширення у світі як універсальна система розрахунку евапотранспірації на основі поєднання еталонної евапотранспірації ( $ET_0$ ) та коефіцієнтів розвитку культури ( $K_c$ ). Однак у практиці

зрошення України її застосування залишається обмеженим. Основна причина – відсутність адаптованих перехідних коефіцієнтів, що забезпечували б коректний перехід від еталонної культури (трава висотою 0,12 м, поверхневий опір 70 с/м) до фактичних умов вирощування конкретних польових культур в українських ґрунтово-кліматичних умовах.

У довідниках FAO подано узагальнені значення коефіцієнтів  $K_c$  для широкого спектра культур. Проте ці дані отримані у різних країнах світу зі значною варіабельністю параметрів: висотою рослин; густотою стояння; гідрометеорологічними умовами; типами ґрунтів і рівнем забезпечення вологою; технологією догляду та удобрення.

В Україні не проведено достатньої кількості багаторічних польових досліджень, необхідних для визначення локальних значень  $K_c$ , що враховують саме українські умови ведення землеробства. Через це використання табличних значень FAO призводить до похибок 20–40 % в розрахунках водоспоживання, що неприпустимо для проектування режимів зрошення.

## 2.5 Агрогідрометеорологічний метод ДДАЕУ

Агрогідрометеорологічний метод, який розроблений в Дніпровському державному аграрно-економічному університеті (ДДАЕУ), ґрунтується на врахуванні попередніх погодних умов та їхнього впливу на формування водоспоживання сільськогосподарських культур у період вегетації. Метод дозволяє враховувати нагромаджений тепловий ресурс, атмосферні опади та дефіцит вологості повітря, що забезпечує підвищену точність визначення евапотранспірації в умовах різних кліматичних років [30].

В основі методу лежить залежність водоспоживання культури від комплексного показника попередніх погодних умов, який характеризує сукупну дію опадів, дефіциту вологості та теплових ресурсів до моменту розрахунку. Емпіричну залежність подають таким чином

$$W = c - a \cdot e^{(-b \cdot P)}, \quad (2.15)$$

де  $c$ ,  $a$ ,  $b$  – емпіричні параметри;  $P$  – комплексний показник попередніх погодних умов. Його визначають за формулою (2.16) для цього показник попередніх опадів  $S_{\partial}$  слід визначати за формулою (2.17)

$$P = \frac{1000 \cdot S_{\partial}}{\sum d \cdot \sqrt{\sum t}}, \quad (2.16)$$

де  $S_{\partial}$  – сума диференційованих попередніх опадів, мм;  $\sum d$  – сума дефіцитів вологості повітря від дати переходу середньодобової температури повітря через  $+50^{\circ}\text{C}$  восени попереднього року до розрахункової дати;  $\sum t$  – сума біологічно активних температур повітря від дати переходу середньодобової температури  $+5^{\circ}\text{C}$  (для кукурудзи  $+10^{\circ}\text{C}$ ) навесні до розрахункової дати,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$S_{\partial} = \sum_{i=1}^{n_2} [(h_i + m_i) \cdot (0,97 \cdot \text{EXP}(-0,025 \cdot T) + 0,03)], \quad (2.17)$$

де  $h_i$  – атмосферні опади, мм;  $m_i$  – поливна норма бруто за  $i$ -ту добу до дати розрахунку, мм;  $T$  – кількість діб до розрахункової дати, діб.

За формулою (2.15) можна визначати вологозапаси у розрахунковому шарі ґрунту і при досягненні мінімально допустимого рівня зволоження ґрунту (із урахуванням біологічних особливостей культури) призначати полив. Після поливу необхідно знову розрахувати вологість ґрунту за формулою (2.15) з урахуванням проведеного поливу.

Одним із ефективних напрямів удосконалення системи зрошення є використання щоденної метеорологічної інформації для оперативної оцінки стану вологозапасів у ґрунті. Запропонована в [30] методика дозволяє визначати динаміку

вологості розрахункового шару ґрунту, що відкриває можливість точного прогнозування строків проведення чергових поливів. Такий підхід формує основу сучасних методів діагностики водного режиму поля та сприяє переходу від традиційних календарних графіків до адаптивного управління водоподачею.

При організації раціонального поливного режиму строки поливів мають визначатися за комплексним принципом, який поєднує: біологічні особливості росту та розвитку конкретної культури, фактичний стан вологості ґрунту, дані поточного теплового та вологісного балансу за метеоспостереженнями.

Такий підхід забезпечує більш точне підтримання оптимального водного режиму порівняно з традиційними схемами.

У практиці зрошення протягом тривалого часу широко застосовувалися режими, побудовані за принципом рівномірного та безперервного зволоження ґрунту протягом усього вегетаційного періоду. Їх називали біологічно оптимальними, оскільки вважалося, що рослини отримують максимальну кількість вологи, необхідну для формування високого урожаю.

Однак такі режими мають суттєві недоліки серед яких можна виділити такі

Завищені поливні норми. Оскільки поливи проводяться без урахування реального стану ґрунтової вологи, подається надмірна кількість води.

Підвищене сумарне водоспоживання масиву. Зайва подача води на поле приводить до значних витрат водних ресурсів у масштабах зрошувальної системи.

Фільтраційні втрати за межами кореневмісного шару. Одним із ключових принципів водозбереження є недопущення перезволоження, яке спричиняє просочування води у глибші горизонти ґрунту, де вона стає недоступною для рослин. Біологічно оптимальні режими не забезпечують контролю цього процесу.

У зв'язку з цим сучасні вимоги до водокористування, підвищення вартості водних ресурсів та необхідність зниження енерговитрат на подачу води роблять недоцільним подальше застосування біологічно оптимальних режимів, як зазначено у [30].

## 3 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

### 3.1 Вихідні матеріали для розроблення плану використання води

Планування водокористування в господарстві здійснюють з урахуванням прийнятої сівозміни, календаря виконання польових робіт, строків висіву сільськогосподарських культур та специфіки їхніх поливних режимів. Узагальнений план подачі води для всього господарства або для окремих водорозподільних ділянок формується шляхом об'єднання відповідних декадних та масивних планів. На основі цього документа визначають необхідні обсяги води, графіки її подачі на різних етапах вегетації, а також площі, що підлягають поливу.

Для підготовки внутрішньогосподарського плану водокористування використовують такі вихідні дані [31]:

1. Схема або план зрошуваної території, на якому відображені поля сівозміни, траси магістральних і міжгосподарських трубопроводів, розподільні канали та трубопроводи, гідротехнічні споруди, водовипуски, гідрозатвори, пункти обліку води та інші елементи інфраструктури (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – План-схема ділянки зрошення в господарстві ПП «Перемога АВК»

2. Сівозміни та структура посівних площ, включаючи агротехнічні особливості кожної культури: строки посіву, фази розвитку, періоди максимального водоспоживання, допустимі рівні вологості ґрунту в табл. (3.1).

Таблиця 3.1 - Структура посівних площ

№ поля	Площа зайнята культурою		Сільськогосподарська культура
	всього	поливна	
45	46,0	35,0	Люцерна під покрив ярого ячменю
43, 44	87,0	87,0	Люцерна другого року
42	25,4	20,0	Люцерна третього року
12,13	162,0	150,0	Озима пшениця + кукурудза на з/к
10,11	152,0	132,0	Кукурудза на зерно
47	92,0	81,8	Соняшник

3. Відомості про дощувальні машини (марка, продуктивність, тощо) (табл.3.2) [32, 33].

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики поливної техніки на ділянці зрошення

Модифікація	Довжина машини, м	Заг. витрата води, л/с	Мінімальний тиск на гідранті, мПа	Сер. інтенсивн. дощу по довж. маш. мм/хв	Відстань між гідрантами, м	Необхідна потужність для руху, кВт.	Мінімальний час проходу, год	Мінімальна норма поливу, мм	Потужність дизель-генератора, к Вт	Споживання палива, л/год
ШДМУ 2х355х1747	355,00	97,78	0,36	1,13	150	9,0	-	-	13,1	2,80
Valley 2х355х1250	351,88	52,19	0,39	0,98	150	9,69	35,06	4,00	14,2	3,10
Valley 2х250х1637	250,94	65,44	0,33	1,05	150	9,3	32,50	8,49	17,3	3,28
Valley 2х255х2385	250,94	95,34	0,47	1,05	150	12,6	26,04	6,64	13,6	4,25

4. Норми зрошення та режими поливів для всіх культур, що вирощуються в господарстві. Дані повинні враховувати біологічні характеристики культур, granulometrichний склад ґрунтів, рівень ґрунтових вод, очікувані агрометеорологічні умови.

### 3.2 Аналіз природного зволоження за багаторічний період спостережень

Проектування водозабезпечення зрошувальних систем ґрунтується на вимозі гарантовано забезпечувати подачу води у такі строки й у таких обсягах, які дозволяють стабільно отримувати високі врожаї навіть за багаторічної мінливості погодних умов. Вважається, що система повинна функціонувати так, щоб середній урожай за не менше ніж двадцятирічний період становив не нижче 90 % потенційно можливого за умови, що водні потреби культур щороку покриваються повністю, а агротехнічні вимоги виконуються у повному обсязі.

У роки з екстремальними посухами, що відповідають 95%-вій забезпеченості, допускається певне зниження продуктивності, але не більше 10 % порівняно із запланованим рівнем. Такий допуск обумовлений природною нестабільністю кліматичних умов, проте він не повинен призводити до суттєвого зниження ефективності виробництва.

Для того щоб перевірити, чи може система відповідати таким критеріям, необхідно визначити параметри режиму зрошення, які задовольняють ці вимоги. На сьогодні єдина уніфікована методика вибору року відповідної забезпеченості (n-ої забезпеченості) відсутня [21], тому для оцінювання доцільно застосовувати комплексний підхід, що враховує різні кліматичні та водні характеристики.

У межах даної роботи вихідними даними для подальших розрахунків обрано: сумарну кількість атмосферних опадів за теплий період року; комплексний кліматичний показник, що характеризує погодні умови сезону [34]; величину дефіциту водоспоживання основних польових культур за даними довідкової літератури [22, 23].

Результати первинних розрахунків зазначених параметрів подано в таблиці А.1.

Для систематизації та аналізу багаторічних кліматичних даних застосовано кластерний аналіз, що дозволяє об'єднати роки в однорідні групи за подібними

характеристиками зволоження та кліматичних умов. Це дає можливість визначити типові та екстремальні роки, які слід використовувати при подальшому проектуванні режимів зрошення.

Статистична обробка даних проводилася за допомогою програмного комплексу Deductor Studio Academic, який забезпечує можливість виконання багатовимірної класифікації та візуалізації результатів. За результатами кластеризації отримано узагальнену структуру груп років (рис.3.1, табл. 3.3) на підставі якої визначено репрезентативні періоди для подальших гідромеліоративних розрахунків.

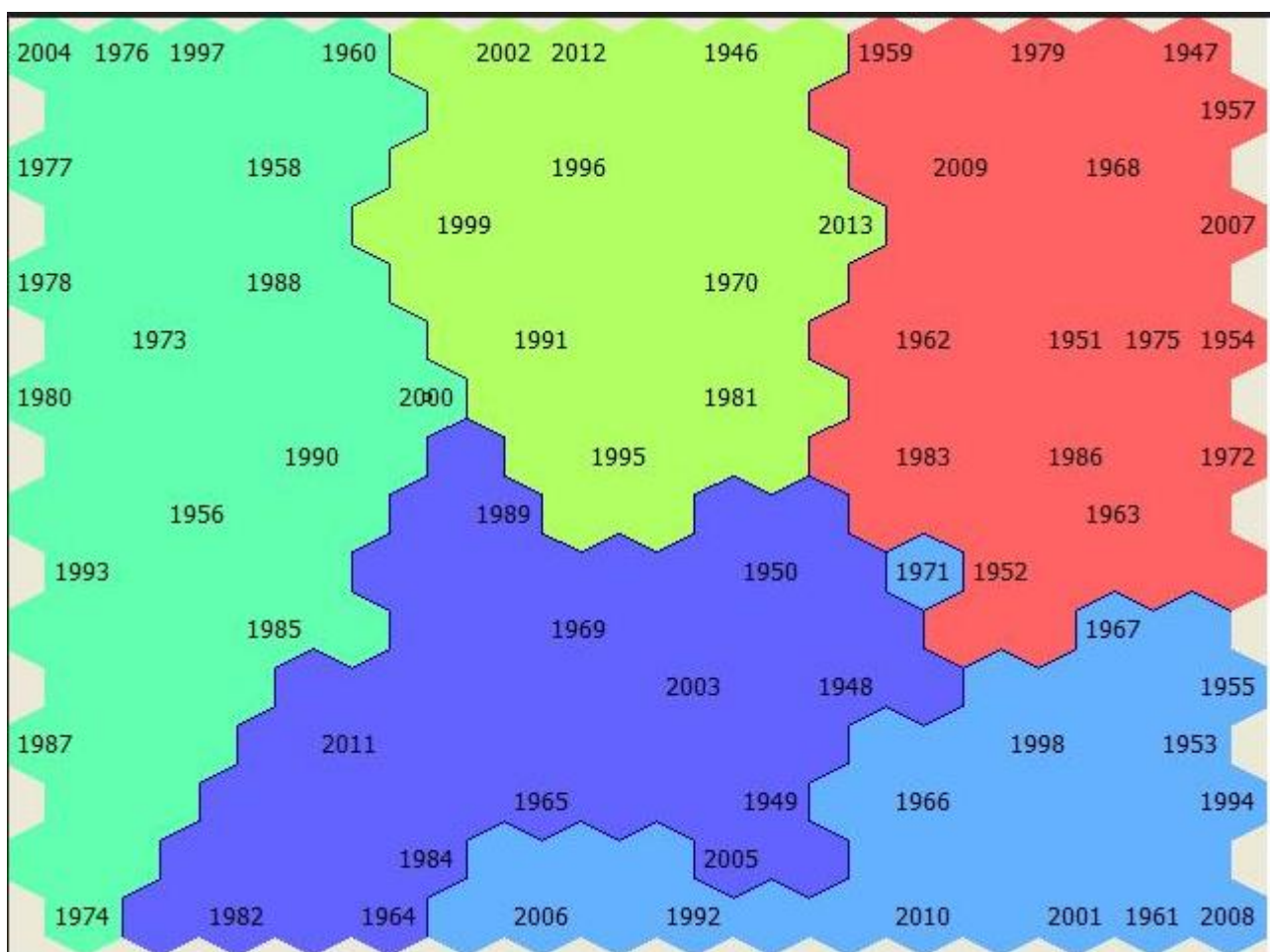


Рисунок 3.1 – Результати кластеризації років за природним зволоженням

Аналізуючи результати кластеризації, подані у відповідній таблиці, можна визначити групи років, що характеризуються різною забезпеченістю природного зволоження. Вибір репрезентативних років має фундаментальне значення, оскі-

льки саме вони використовуються як модельні при подальших розрахунках параметрів режиму зрошення. При цьому важливо, щоб обрані роки відповідали типовим умовам для найбільшої кількості культур, вирощуваних у сівозміні, тобто забезпечували узгодженість кліматичних характеристик для всієї структури посівів.

Таблиця 3.3 – Розподіл років за природним зволоженням\*

Рік	ККП	Люцерна покров ячменю	Люцерна минулих років	Пшениця озима	Кукурудза на зелений корм	Кукурудза на зерно	Соняшник
1975	0,060	4	4	4	4	4	4
1968	0,063	4	4	4	4	4	4
1954	0,067	4	4	4	4	4	4
1947	0,088	4	4	4	3	4	4
1951	0,090	4	4	4	4	4	4
<b>1957</b>	<b>0,093</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2007	0,097	4	4	4	4	4	4
1986	0,176	4	4	4	4	4	4
1972	0,178	4	4	4	4	4	4
2009	0,206	4	4	4	3	4	4
1963	0,208	4	4	4	4	4	4
1979	0,227	4	4	4	3	4	4
1962	0,282	3	3	4	4	3	4
1967	0,285	3	3	4	4	3	4
1952	0,289	3	3	4	4	3	4
1959	0,310	3	3	3	3	4	4
1983	0,319	3	3	4	4	3	4
2013	0,354	3	3	4	3	3	4
1948	0,356	3	3	4	4	3	3
<b>1966</b>	<b>0,363</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
1955	0,370	3	3	3	4	3	4
1950	0,371	3	3	4	3	3	3
1994	0,371	3	3	3	4	3	4
1998	0,371	3	3	3	4	3	3
1971	0,379	3	3	4	4	3	4
2012	0,382	3	3	3	2	2	2
1953	0,389	3	3	3	4	3	4
2010	0,393	3	3	3	4	3	3
1949	0,403	3	3	4	4	3	3
2002	0,449	1	2	3	2	2	2
2005	0,458	2	3	0	4	3	3
2008	0,481	1	2	3	1	2	2
1970	0,489	3	3	3	3	2	1
2003	0,498	2	3	4	1	2	1
1999	0,509	1	2	3	2	2	2
1946	0,530	2	3	2	3	3	1

Рік	ККП	Люцерна покров яч-меню	Люцерна минулих років	Пшениця озима	Кукурудза на зелений корм	Кукурудза на зерно	Соняшник
<b>1961</b>	<b>0,530</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
1981	0,535	2	2	2	1	2	1
1996	0,544	1	2	3	2	2	2
2001	0,544	2	2	3	1	2	1
1984	0,548	2	2	2	1	2	1
2006	0,555	2	2	3	1	2	1
1964	0,558	2	2	2	1	2	3
1965	0,583	3	2	2	1	2	1
1969	0,590	1	2	1	1	2	1
2011	0,613	2	2	2	1	1	3
1992	0,614	2	2	2	1	2	1
1995	0,616	2	2	2	1	2	1
1991	0,632	2	2	2	1	2	1
1982	0,651	2	2	2	1	2	3
1960	0,664	0	0	1	0	0	0
<b>1989</b>	<b>0,669</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
2000	0,717	1	1	1	0	1	0
1985	0,757	0	1	1	1	1	0
1974	0,759	0	1	0	1	1	0
1956	0,768	0	1	0	0	1	0
1990	0,768	0	1	0	0	1	0
1987	0,819	2	1	0	1	1	0
1988	0,835	0	1	0	0	1	0
1973	0,838	0	1	0	0	0	0
1993	0,840	0	1	0	0	1	0
1958	0,861	0	0	0	0	0	0
1977	0,905	0	0	0	0	0	0
1978	0,926	0	0	0	0	0	0
1997	0,937	0	0	0	0	0	0
1980	0,944	0	0	0	0	0	0
1976	0,951	0	0	0	0	0	0
2004	0,958	0	0	0	0	0	0

\*Примітка: Цифра 4 відповідає сухим умовам зволоження, цифра 3 – середньосухим, цифра 2 – середнім, цифра 1 – вологим, а 0 – дуже вологим.

На основі зіставлення суми опадів, дефіциту водоспоживання та комплексного кліматичного показника визначено такі характерні роки:

- сухий рік – 1957 р., який демонструє мінімальне природне зволоження та найбільш виражений дефіцит води;

- середньосухий рік – 1966 р., що відзначається недостатнім, але не екстремальним рівнем вологозабезпеченості;
- середній рік – 1961 р., який відповідає багаторічному середньому рівню зволоження;
- вологий рік – 1989 р., характеризується підвищеною кількістю опадів і мінімальною потребою в додатковому поливі.

Зазначені роки приймаються як модельні для подальших гідромеліоративних розрахунків. На їх основі формується система режимів зрошення для основних сільськогосподарських культур – визначаються обсяги водоспоживання, потреба у поливах, строки їх проведення та очікувані зміни в структурі вологозапасів ґрунту. Це дає змогу оцінити чутливість системи до кліматичних коливань і забезпечити її надійність у практичній експлуатації.

### 3.3 Порівняння режимів зрошення в роки з різним рівнем природного водозабезпечення

У подальших розрахунках параметрів режиму зрошення сільськогосподарських культур було прийнято рішення застосувати два методи, які є найбільш адаптованими до природно-кліматичних умов району досліджень: біокліматичний метод Алпатьєвих та удосконалений метод Остапчика. Саме ці підходи забезпечують достатню точність оцінки випаровування та водоспоживання при мінімальній залежності від важкодоступних або відсутніх метеорологічних даних.

Використання інших відомих методик виявилось недоцільним з низки причин.

Агрометеорологічний метод ДДАУ не може бути застосований через відсутність необхідних емпіричних коефіцієнтів, адаптованих до конкретної ґрунтово-кліматичної зони. Без цих параметрів точність розрахунків буде недостатньою.

Метод ФАО (Penman–Monteith / ФАО-56) вимогливий до набору метеорологічних спостережень, зокрема потребує даних про надходження сонячної радіації,

тривалість сонячного сьйва або прями вимірювання радіаційного балансу. На досліджуваній території такі вимірювання не виконуються, що унеможлиблює застосування методу без грубих спрощень.

З огляду на наведені причини для подальших розрахунків були обрані ті методи, які дозволяють отримати достовірні результати на основі наявної гідрометеорологічної інформації. Після виконання обчислень режимів зрошення за двома підходами планується обрати варіант із мінімальною поливною нормою, що дозволить підвищити водозберігаючу ефективність меліоративної системи.

При визначенні поливних норм обов'язково враховуються такі складові водного балансу ґрунту: наявні запаси продуктивної вологи у кореневмісному шарі; споживання води рослинами, яке включає транспірацію та випаровування з поверхні ґрунту; швидкість поповнення вологості за рахунок атмосферних опадів [21].

Це дає змогу забезпечити оптимальне водозабезпечення культур без перевитрат водних ресурсів та запобігти небажаним втратам на глибоку фільтрацію.

Величину поливної норми розраховуємо за формулою

$$m = 10 \cdot \gamma \cdot h_a (\omega_{FC} - \omega_{cr}), \quad (3.1)$$

де  $\gamma$ — об'ємна маса кореневмісного шару ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $h_a$  — розрахунковий шар зволоження ґрунту, м;  $\omega_{FC}$ — вологість ґрунту, яка відповідає найменшій вологості, % від маси сухого ґрунту.  $\omega_{cr}$ — мінімально допустима вологість у розрахунковому шарі ґрунту, % від маси сухого ґрунту.

Однією з найбільш відповідальних операцій при визначенні параметрів режиму зрошення є встановлення допустимої (критичної) вологості ґрунту перед поливом ( $\omega_{sr}$ ). Саме ця величина визначає момент початку поливу та забезпечує недопущення водного стресу рослин. Невірне призначення критичного рівня зволоження призводить або до передчасного виснаження запасів продуктивної вологи (що знижує врожайність), або до необґрунтованих перевитрат зрошувальної води та небажаної фільтрації за межі кореневмісного шару.

Згідно з агрономічними нормативами та довідковими даними, для суглинчастих ґрунтів значення критичної вологості перед поливом зазвичай коливається у межах 0,65–0,75 НВ, а конкретне значення залежить від біологічних особливостей культури та її стійкості до зниження вологозабезпечення. У виконаних розрахунках для забезпечення диференційованого підходу прийнято такі значення:

- зернові культури (озима пшениця, кукурудза на зерно, соняшник) – 0,75 НВ, що відповідає їхній підвищеній чутливості до дефіциту вологи у період інтенсивного росту та репродукції;
- кормові культури (люцерна, кукурудза на зелений корм) – 0,65 НВ, оскільки вони здатні переносити короткочасне зниження вологості без значного погіршення продуктивності.

Окрім визначення критичного рівня запасів вологи, важливо враховувати ще одну складову – ерозійно допустиму поливну норму, що обмежує максимальну кількість води, яку можна подати за один полив без ризику утворення поверхневого стоку чи руйнування структури ґрунту. Це особливо актуально для зрошення способом дощування, коли інтенсивність подачі води безпосередньо впливає на ерозійну стійкість ґрунту.

Ерозійно-допустима поливна норма залежить не лише від водоутримуючої здатності ґрунту в межах від  $W_0$  (найменша вологоємність) до  $W_{нв}$  (норма повної польової вологоємності), але й від: інфільтраційних властивостей ґрунту; агрофону (наявність рослинних решток, мульчі, рельєф); характеристик дощування – інтенсивності, рівномірності та дисперсності крапель; ступеня підготовки поверхні поля.

З урахуванням цих факторів призначена поливна норма не повинна перевищувати ерозійно-граничну, яка може бути визначена за формулою [20, 21]

$$m_d = \frac{K_V}{\sqrt{\rho_0 \cdot e^{0,5 \cdot d_k}}}, \quad (3.2)$$

де  $K_v$  – показник вільного безнапорного всмоктування води в ґрунт, мм;  $\rho_o$  - середня інтенсивність дощу, мм/мин;  $d_k$  - середній діаметр капель дощу, мм.

Згідно з рекомендаціями Н. С. Єрхова, для середньосуглинкових ґрунтів величина ерозійно-допустимої поливної норми  $K_v$  перебуває у межах 31–60 мм [21]. Проведені нами розрахунки свідчать, що фактичні поливні норми для всіх досліджуваних культур перевищують значення 30 мм, що потребує додаткової перевірки на відповідність ерозійним обмеженням.

Згідно з формулою (3.2), гранична (ерозійно допустима) норма для дощувальних машин, які встановлені на зрошуваній ділянці, становить від 20,3 до 39,4 мм. Отже, для уникнення перевищення граничного значення та забезпечення безпечного рівня інфільтрації доцільно приймати поливну норму, що не перевищує верхню межу допустимого діапазону.

Таким чином, при складанні режимів зрошення призначаємо поливну норму 300 м<sup>3</sup>/га, що відповідає ерозійно безпечним умовам роботи машин. Крім того, вологозарядковий полив нормою 600 м<sup>3</sup>/га рекомендується виконувати у два прийоми по 300 м<sup>3</sup>/га, що дає змогу уникнути надмірного навантаження на ґрунт та забезпечує рівномірне насичення активного шару вологою [20, 21].

Таблиця 3.7 – Зрошувальні норми (м<sup>3</sup>/га) культур сівозміни\*

Умови зволоження (забезпеченість, %)	Сільськогосподарська культура					
	Люцерна під покров ячменю	Люцерна минулих років	Пшениця озима	Кукурудза на зелений корм	Кукурудза на зерно	Соняшник
Сухі (95%)	4500	5850	2100	1600	3000	2700
	5100	6860	3000	1300	4800	4500
Середньосухі (75 %)	3000	4050	1800	1300	1200	1200
	4800	5000	2100	2200	3300	3000
Середні (50 %)	2700	3600	900	1900	1800	1500
	3300	3500	1500	1600	3300	3000
Вологі (25 %)	2400	3600	1800	1300	1500	1200
	3300	3500	2400	1000	2700	2700

\* Примітка. В чисельнику наведені зрошувальні норми обчислені за біокліматичним методом А.М. та С.М.Алпатьєвих, а в знаменнику за удосконаленим біокліматичним методом В.П.Остапчика

Порівняння результатів розрахунку поливних норм показало, що значення, отримані за удосконаленим біокліматичним методом В. П. Остапчика, суттєво перевищують норми, визначені класичним біокліматичним підходом А. М. та С. М. Алпатьєвих. Така різниця зумовлена особливостями методології Остапчика, яка передбачає ширший урахунок кліматичних факторів і, відповідно, формує більш консервативні (підвищені) вимоги до поливних витрат.

Водночас порівняння з агрометеорологічними характеристиками досліджуваного регіону показує, що результати, отримані за методом Алпатьєвих, краще узгоджуються з фактичними умовами зволоження та агротехнічними вимогами. Тому в подальших розрахунках доцільно приймати саме зрошувальні режими, визначені за методом Алпатьєвих, як такі, що забезпечують раціональніші обсяги водоподачі та узгоджуються з реальним водогосподарським балансом території.

### 3.4 Формування плану раціонального використання водних ресурсів

План водовикористання визначає порядок та обсяги залучення водних ресурсів упродовж року або окремого вегетаційного сезону. Його формують на основі науково обґрунтованих норм зрошення та режимів водоподачі, які забезпечують раціональне використання води та стабільність технологічних процесів у зрошуваному землеробстві. На внутрішньогосподарському рівні такий план відображає декадну потребу конкретного водокористувача відповідно до встановлених системою лімітів на наступний рік [31].

Організація планування ускладнюється тим, що господарства – безпосередні водокористувачі – не перебувають у адміністративній підпорядкованості експлуатаційних служб зрошувальних систем. Їх взаємодія ґрунтується виключно на інформаційному обміні, який реалізується через подання внутрішньогосподарських планів, оперативних замовлень на воду та звітів про її фактичне викорис-

тання. Оскільки більшість господарств є приватними, служби експлуатації не мають можливості впливати на структуру посівів чи розміщення культур, що значно ускладнює оптимізацію розподілу води в межах системи.

Багаторічний досвід експлуатації зрошувальних мереж дає змогу виділити низку принципів, на яких базується ефективно водовикористання [31]:

1. Принцип плановості. Система планування має ієрархічний характер: базовою ланкою є господарство, де формується внутрішній план водовикористання. На його підставі складають план системного рівня, який надалі включають до басейнових водоземельних балансів. Ці документи мають статус державних та характеризуються відповідними процедурами звітності й контролю.

2. Принцип послідовності (поетапності). Формування потреб у воді здійснюється за принципом «знизу догори», тобто від поля до регіону. Розрахунки режимів зрошення виконують з урахуванням вимог конкретної культури, параметрів сівозміни, агротехнологій та експериментальних або розрахункових даних щодо водоспоживання. Такий підхід дозволяє адекватно оцінювати потребу у воді на кожному рівні територіальної організації зрошення.

3. Принцип лімітності. Граничні величини подачі води визначаються пропускною здатністю джерела та зрошувальної системи, меліоративним станом ґрунтів, рівнем їх засоленості та наявністю дренажу. Додатково враховують забезпеченість господарства технікою, енергоресурсами, добривами та кваліфікованою робочою силою, що впливає на можливість реалізації заданого режиму поливу.

4. Принцип оптимальності. Цей принцип передбачає вибір таких рішень, які забезпечать отримання максимально можливої продукції за наявних природних, технологічних та ресурсних обмежень.

Календарний графік поливів складається відповідно до розрахованих режимів зрошення прийнятої у господарстві сівозміни. У межах даної дипломної роботи графік формують для року 75%-ї забезпеченості природного зволоження; узагальнені результати наведено у таблиці 3.8.

Такий графік є інструментом для відображення послідовності та тривалості поливів на кожному полі, а також встановлення необхідної поливної норми, яку

може забезпечити певна дощувальна машина за обмежений період. Розрахунки виконують у декадному розрізі, що дає змогу визначити черговість зрошення та тривалість кожного поливу.

У разі виникнення накладок у строках поливу їх коригують відповідно до величини розбіжностей. Важливо враховувати, що відхилення від рекомендованих дат поливу більш як на 3 доби може негативно вплинути на урожайність і тому є недопустимим.

Складання оптимізованого календарного графіка сприяє зменшенню максимальної витрати насосної станції, забезпечує рівномірність її роботи протягом зрошувального періоду та запобігає частим зупинкам обладнання. Накопичений досвід експлуатації показує, що небажано планувати простої насосної станції менш ніж на 5–7 діб, оскільки часті зупинки призводять до додаткового зношення обладнання та зниження його надійності.

Календарний графік поливів представлений у вигляді таблиці (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 Відомість укомплектованого графіка поливу зерно-кормова сіво-зміни розрахованої на 75 %-ну забезпеченість

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Зрошув. норма, м <sup>3</sup> /га	№ поливу	Поливна норма, м <sup>3</sup> /га	Строки поливу		Тривалість поливу, діб	Витрата, л/с
						початок	кінець		
1	Люцерна під покров ячменю ярого	35,0	3000	1	300	28.04.2019	30.04.2019	3	48,0
				2	300	26.05.2019	28.05.2019	3	
				3	300	10.07.2019	12.07.2019	3	
				4	300	16.07.2019	18.07.2019	3	
				5	300	23.07.2019	25.07.2019	3	
				6	300	27.07.2019	29.07.2019	3	
				7	300	08.08.2019	10.08.2019	3	
				8	300	25.08.2019	27.08.2019	3	
				9	300	04.09.2019	06.09.2019	3	
				10	300	16.09.2019	18.09.2019	3	
2	Люцерна другого року	87,0	4050	1	450	27.04.2019	02.05.2019	6	95,0
				2	450	15.05.2019	20.05.2019	6	
				3	450	27.06.2019	02.07.2019	6	
				4	450	05.07.2019	10.07.2019	6	
				5	450	18.07.2019	23.07.2019	6	
				6	450	01.08.2019	06.08.2019	6	
				7	450	11.08.2019	16.08.2019	6	
				8	450	20.08.2019	25.08.2019	6	
				9	450	11.09.2019	16.09.2019	6	

3	Люцерна	20,0	3150	1	450	03.05.2019	05.05.2019	3	48,0
	третього року			2	450	20.05.2019	22.05.2019	3	
				3	450	01.07.2019	03.07.2019	3	
				4	450	10.07.2019	12.07.2019	3	
				5	450	23.07.2019	25.07.2019	3	
				6	450	04.08.2019	06.08.2019	3	
				7	450	16.08.2019	18.08.2019	3	
4	Пшениця озима	150,0	1800	В	600	20.08.2019	01.09.2019	13	104,0
	+			1	300	15.04.2019	21.04.2019	7	
				2	300	28.04.2019	04.05.2019	7	
				3	300	10.05.2019	16.05.2019	7	
				4	300	17.05.2019	23.05.2019	7	
4	кукурудза на з/к		1300	п	400	04.07.2019	12.07.2019	9	
				1	300	11.08.2019	17.08.2019	7	
				2	300	21.08.2019	27.08.2019	7	
				3	300	05.09.2019	11.09.2019	7	
	Кукурудза на зерно	132,0	1200	1	300	26.04.2019	01.05.2019	6	
5				2	300	04.07.2019	09.07.2019	6	
				3	300	13.07.2019	18.07.2019	6	
				4	300	19.07.2019	24.07.2019	6	98,0
	Соняшник	81,8	1200	1	300	02.05.2019	07.05.2019	6	65,0
				2	300	19.05.2019	24.05.2019	6	
				3	300	02.07.2019	07.07.2019	6	
				4	300	03.08.2019	08.08.2019	6	

Водогосподарський розрахунок здійснюється на підставі календарного графіка поливів і дає змогу визначити необхідні витрати води на кожному етапі поливного сезону. Узагальнені результати проведених обчислень подано в таблиці 3.9. Процес розрахунку виконується послідовно за такими основними етапами.

Першим кроком для кожної декади вегетаційного періоду визначають обсяг поливної води, що має бути поданий на зрошувані площі. Обчислення виконують за формулою [31]

$$W_n = \omega_1 \cdot m_1 + \omega_2 \cdot m_2 + \dots + \omega_n \cdot m_n, \quad (3.3)$$

де  $\omega_n$  - площа поля нетто, га;  $m_n$  - поливна норма, м<sup>3</sup>/га.

На наступному етапі для кожної декади визначають секундну витрату води, яку необхідно забезпечити на вході до поливної мережі. Витрата визначається відношенням загального необхідного об'єму поливної води до тривалості поливу

$$Q_n = \frac{W_n}{3,6t \cdot \text{ч}}, \quad (3.4)$$

де  $t$  – протяжність поливу, діб;  $\text{ч}$  – робота дощувальної машини на протязі доби, год.

Після встановлення потрібної витрати води визначають кількість дощувальних машин, які повинні працювати одночасно для забезпечення необхідного режиму поливів. Розрахунок виконують за формулою

$$n_A = \frac{Q_n}{q \cdot k}, \quad (3.5)$$

де  $q$  - витрата однієї дощувальної машини, л/с;  $k$  - коефіцієнт використання робочого часу машини.

Значення  $q$  і  $k$  приймають відповідно до технічних характеристик дощувальної техніки, що застосовується на господарстві.

Далі визначають сумарну витрату води нетто, що відповідає добутку витрати однієї машини та кількості машин, які працюють одночасно. Ця величина характеризує фактичне навантаження на внутрішньогосподарську мережу зрошення та використовується при гідравлічній перевірці системи [31].

$$Q_n^p = n_d \cdot q \cdot k, \quad (3.6)$$

де  $n_d$  – кількість одночасно працюючих дощувальних машин.

Таблиця 3.9 - Водогосподарський розрахунок

Показник	Квітень		Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Черговість поливу	1	1	2	2	2			3	3	3	3	4	4	5	5	5
Тривалість поливу t, діб	5	5	8	10	8			4	10	10	10	9	8	11	8	9
Об'єм води нетто $W_{нт}$ , тис м <sup>3</sup>	32,14	101,7	78,9	107,5	65,7			26,1	165,3	109,3	89,1	83,2	93,2	177,7	56,0	56,1
Витрата води нетто Q, л/с	89,6	294,4	142,7	155,6	118,8			94,4	239,2	158,1	128,9	133,7	168,5	233,8	101,3	90,1
Прийняте розрахункове число дощувальних машин	2,0	6,0	7,0	5,0	5,0			2,0	7,0	6,0	4,0	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0
Розрахункова витрата нетто	86,32	246,51	246,51	219,12	180,11			78,85	300,46	246,51	160,19	132,8	165,17	165,17	126,16	86,32
Розрахункова тривалість поливу	5,19	5,76	4,46	6,84	5,08			4,62	7,67	6,18	7,76	8,74	7,86	15,00	6,19	9,06
ККД	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Витрата брутто	88,1	251,5	251,5	223,6	183,8			80,5	306,6	251,5	163,5	135,5	168,5	168,5	128,7	88,1
Об'єм води брутто $W_{нт}$ , тис м <sup>3</sup>	32,8	103,8	80,5	109,7	67,0			26,6	168,7	111,5	90,9	84,9	95,1	181,4	57,1	57,2
Об'єм води наростаючим підсумком	32,8	136,6	217,1	326,9	393,9	393,9	393,9	420,5	589,2	700,7	791,6	876,5	971,5	1152,9	1210,0	1267,3
Площа полита за декаду	107,14	310,1	238,5	314,9	208,9			58,0	449,8	323,0	258,0	223,8	257,0	410,5	175,1	143,4
Полита площа наростаючим підсумком	107,1	417,3	655,8	970,7	1179,6	1179,6	1179,6	1237,6	1687,4	2010,4	2268,4	2492,2	2749,2	3159,7	3334,8	3478,2

Продовжуючи водогосподарський розрахунок, після визначення декадних витрат води переходять до встановлення тривалості поливу, яка відповідає необхідній подачі води. Тривалість роботи дощувальних машин визначають за формулою

$$t_p = \frac{W_n}{3,6 \cdot Q_n^p \cdot \text{ч}} \quad (3.7)$$

Далі встановлюють коефіцієнт корисної дії (ККД) внутрішньогосподарської зрошувальної мережі. Для закритих трубопровідних систем значення коефіцієнта становить  $\eta_{\text{х.с.}} = 0,95 - 0,98$ , що враховує втрати води на фільтрацію, неповне заповнення трубопроводів і локальні гідравлічні опори.

З урахуванням цього коефіцієнта визначають витрату води брутто, яку повинна забезпечувати мережа в кожен декаду [31]

$$Q_{\text{бр}} = \frac{Q_n^p}{\eta_{\text{с.х.}}} \quad (3.8)$$

Наступним етапом є визначення об'єму води брутто, що надійде в точку виділу системи протягом відповідної декади. Обсяг обчислюють за формулою

$$W_{\text{вр}} = 3,6 \cdot Q_{\text{бр}} \cdot t_p \cdot \text{ч}, \quad (3.9)$$

Отримані значення подаються наростаючим підсумком, що дає змогу визначити загальний обсяг використаної зрошувальної води від початку сезону до кінця кожної декади.

Після цього обчислюють площу, политу за кожну декаду, на підставі поданої норми та фактичної подачі води. Значення також фіксують наростаючим підсумком, що дозволяє контролювати ступінь виконання внутрішньогосподарського плану поливів.

На заключному етапі, спираючись на результати всіх проведених розрахунків – об'єми води нетто та брутто, тривалості поливів і забезпечення площі – формується календарний план поливів по сівозміні, який використовується як основа організації зрошувальних робіт у господарстві.

### 3.5 Розроблення календарного плану проведення поливів

Календарне планування передбачає формування та постійне уточнення графіка виконання робіт, забезпечуючи їх узгодженість у часі та відповідність наявним матеріальним, технічним і трудовим ресурсам. У процесі розроблення календарних планів важливо враховувати встановлені обмеження – тривалість операцій, лімітованість водних та енергетичних ресурсів, пропускну здатність мережі, а також забезпечити раціональний розподіл задіяних ресурсів.

У межах дипломного проекту формується функціональний календарний план експлуатації внутрішньогосподарської мережі на весь поливний сезон. Вихідну інформацію для складання такого плану становлять черговість поливів, тривалість роботи дощувальних машин та величина подачі води на окремі поля.

Послідовність розроблення календарного плану зрошення проводиться у такій логічній послідовності [31]:

а) визначають черговість поливу культур відповідно до календарного графіка росту та фаз водоспоживання;

б) розраховують площу, яка може бути политою однією дощувальною машиною протягом доби. Показник визначають залежно від витрати агрегату та заданої поливної норми:

$$\omega_{доб} = 86,4 \cdot q \cdot k / m, \quad (3.10)$$

де  $q$  - витрата дощувальної машини, л/с;  $k$  – коефіцієнт використання робочого часу машини. Приймаємо рівним 0,83 і 0,845 в залежності від дощувальної машини [32, 33, 35];  $m$  - поливна норма, м<sup>3</sup>/га.

Якщо на полі одночасно працює кілька машин, добову политу площу визначають так

$$F_{доб} = \omega_{доб} \cdot n_{д}. \quad (3.11)$$

в) кількість діб, необхідних для завершення поливу конкретного поля, приймають за формулою

$$t_n = \omega_n / F_{доб}, \quad (3.12)$$

де  $\omega_n$  - площа нетто одного поля, га.

г) дату завершення поливу встановлюють додаванням тривалості поливу до дати його початку для відповідної культури;

д) інформацію щодо площ, номерів полів і найменувань трубопроводів беруть із планувального креслення ділянки зрошення;

е) кількість операторів визначають, виходячи з кількості одночасно працюючих машин та встановленої норми обслуговування (один оператор на три–чотири агрегати);

є) обчислюють потребу в поливній воді для кожної культури

$$W_{нотр} = m \omega_n / 1000, \quad (3.13)$$

а також загальний обсяг води, що має надходити у господарство

$$W_{подача} = W_{нотр} / \eta_{в.з.м.} \quad (3.14)$$

Усі параметри календарного плану зведені до типової форми, наведеної у табл.3.10.

### 3.6 Підготовка оперативного плану зрошення та міжполивного обробітку ґрунту

Календарний план поливів охоплює весь поливний сезон і тому не може повністю відобразити реальну потребу культур у воді на різних етапах їх розвитку. У процесі експлуатації зрошувальної системи нерідко виникає потреба в уточненні строків проведення поливів та величини поливних норм з урахуванням фактичних погодних умов, агротехнічних вимог, організаційних чи виробничих обставин. Це зумовлює необхідність оперативного управління поливами, що зазначено у джерелах [23, 36].

Технологічна служба оперативного управління поливами створюється для забезпечення максимально ефективного використання води. Її основна мета – підтримання оптимальної вологості ґрунту для культур, забезпечення стабільного росту рослин та отримання максимально можливого врожаю. Управління здійснюється з урахуванням фактичних і прогнозованих змін погодних умов, агротехнічного стану посівів, характеристик ґрунтів, а також меліоративного стану території.

Надмірні втрати вологи та відчутне зниження врожайності спостерігаються у випадках, коли міжполивний обробіток ґрунту проводять із запізненням. Тому технологічні операції повинні виконуватися у визначені строки: поздовжню культивуацію слід проводити не пізніше ніж через дві доби після поливу, а поперечну – через добу після поздовжньої. Для багаторічних трав щілювання виконують після укусу і перед наступним поливом.

Таблиця 3.10 - Календарний план поливів сільськогосподарських культур в ПП "Перемога АВК"

№ поля	Сільськогосподарська культура	Площа поля, га	Черговість поливу	Номер поливу	Строки поливу	Тривалість поливу		Поливна норма, м <sup>3</sup> /га	Розрахункова витрата нетто, л.с	Добова площа поливу, га	Число операторів		Кількість дощувальних машин, шт.-	Об'єм поливної води, тис.м <sup>3</sup>		Канал, трубопровід
						днів	годин				в зміну	на добу		потрібний	що подається в господарство	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12, 13	Озима пшениця	150	1	1	15.04-21.04	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	1 - Кр
45	Люцерна під покров ячменю ярого	35	1	1	28.04-30.04	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року	87	1	1	27.04-02.05	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	3 - Кр
12, 13	Озима пшениця	150	1	2	28.04-04.05	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	2 - Кр
10,11	Кукурудза на зерно	132	2	1	26.04-01.05	5	15	300	98	23,43	1	3	2	39,6	40,41	2 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	1	1	03.05-05.05	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
47	Соняшник	81,8	1	2	02.05-07.05	5	6	300	65	15,54	1	3	1	24,54	25,04	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	1	2	15.05-20.05	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр
12, 13	Озима пшениця	150	3	3	10.05-16.05	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	2 - Кр
12, 13	Озима пшениця	150	3	4	17.05-23.05	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	3 - Кр
45	Люцерна під покров ячменю ярого	35	3	2	26.05-28.05	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	
42	Люцерна третього року життя	20	3	2	20.05-22.05	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
47	Соняшник	81,8	3	2	19.05-24.05	5	6	300	65	15,54	1	3	1	24,54	25,04	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	4	3	27.06-2.07	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр
		87	4	4	05.07-10.07	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	3 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	4	3	01.07-03.07	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
12, 13	Кукурудза на зелений корм	150	4	1	04.07-12.07	8	1	400	104	18,65	1	3	2	60	61,22	3 - Кр
10,11	Кукурудза на зерно	132	4	2	04.07-09.07	5	15	300	98	23,43	1	3	2	39,6	40,41	2 - Кр

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
47	Соняшник	81,8	4	3	02.07-07.07	5	6	300	65	15,54	1	3	1	24,54	25,04	2 - Кр
12, 13	Озима пшениця	150	2	3	31.05-05-06	6	1	300	104	24,86	1	3	1	45	45,92	1 - Кр
45	Люцерна під покров	35	4	3	10.07-12.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
	ячменю ярого	35	4	4	18.07-23.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	4	5	23.07-25.07	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	4	4	10.07-12.07	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
10,11	Кукурудза на зерно	132	4	3	13.07-18.07	5	15	300	98	23,43	1	3	2	39,6	40,41	2 - Кр
10,11	Кукурудза на зерно	132	4	4	19.07-24.07	5	15	300	98	23,43	1	3	2	39,6	40,41	3 - Кр
45	Люцерна під покров	35	4	5	23.07-25.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
	ячменю ярого	35	4	6	27.07-29.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	4	3	23.07-25.07	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
45	Люцерна під покров	35	5	7	8.08-10.08	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
	ячменю ярого	35	4	6	27.07-29.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	5	6	01.08-06.08	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	5	6	04.08-06.08	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
47	Соняшник	81,8	5	4	03.08-08.08	5	6	300	65	15,54	1	3	1	24,54	25,04	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	5	7	11.08-16.08	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр
42	Люцерна третього року життя	20	5	7	16.08-18.08	2	15	450	48	7,65	1	3	1	9	9,18	1 - 1 Кр
12, 13	Кукурудза на зелений корм	150	5	2	11.08-17.08	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	3 - Кр
45	Люцерна під покров	35	5	8	25.08-27.08	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
	ячменю ярого	35	4	6	27.07-29.07	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	5	8	20.08-25.08	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр

Продовження таблиці 3.10

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
12, 13	Кукурудза на зелений корм	150	5	3	21.08-27.08	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	3 - Кр
12,13	Озима пшениця	150	5	в	20.08-01.09	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	1 - Кр
45	Люцерна під покров ячменю ярого	35	6	9	4.09-6.09	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
12, 13	Кукурудза на зелений корм	150	6	4	05.09-11.09	6	1	300	104	24,86	1	3	2	45	45,92	3 - Кр
45	Люцерна під покров ячменю ярого	35	6	10	16.09-18.09	2	24	300	48	11,68	1	3	1	10,5	10,71	2 - Кр
43,44	Люцерна другого року життя	87	6	9	11.09-16.09	5	18	450	95	15,14	1	3	2	39,15	39,95	2 - Кр

Оперативний план проведення поливів та міжполивного обробітку ґрунту складається на кожну розрахункову декаду. Як приклад, у таблиці 3.11 наведено план на першу декаду серпня. Під час виконання оперативного плану допускається перерахунок поливних норм: якщо кількість опадів у період між поливами становить менше 20 мм – норму уточнюють; якщо ж опадів випадало більше 20 мм – черговий полив скасовують.

Затверджений оперативний план слугує основним документом для оформлення нарядів на поливи [31].

Паралельно з оперативним планом поливів складають графік роботи машинно-тракторного парку для виконання міжполивного обробітку просапних культур. Усі зміни щодо водокористування, внесені при коригуванні оперативного плану, підлягають погодженню з експлуатаційною дільницею. З цією метою заявку на подачу води подають за одну добу до початку нової декади.

Отримавши завдання на проведення поливів, бригадир на основі оновленого графіка складає декадні схеми роботи трубопроводів та дощувальних машин і передає їх механізаторам та операторам не пізніше ніж за добу до початку наступної декади.

Таблиця 3.11 - Оперативний план-графік проведення поливів і тракторних робіт

Культура	Поливна норма, м <sup>3</sup> /га	Площа поливу, га		тривалість поливу, год	Роботи	Серпень										
		всього	за добу			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Люцерна під покров ячменю ярого	300	35	11,68	3,0	полив									11,68	11,68	11,64
Люцерна другого року	450	87	15,14	5,7	полив	15,14	15,14	15,14	15,14	15,14	11,3					
Люцерна третього року	450	20	7,65	2,6	полив				7,65	7,65	4,70					
Соняшник	300	81,8	15,54	5,3	полив			15,54	15,54	15,54	15,54	15,54	4,11			
Поливна площа, га						15,14	15,14	30,68	38,33	38,33	31,54	15,54	15,79	11,68	11,64	
Число дощувальних машин, шт.						2	2	3	3	3	2	1	2	1	1	
Чисельність персоналу, чол.						1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	
Витрата, л/с:	нетто					95	95	160	160	160	160	65	113	48	48	
	брутто					96,9	96,9	163,3	163,3	163,3	163,3	66,3	115,3	49,0	49,0	
Водоподача в точку виділу, тис.м <sup>3</sup>						6,81	6,81	11,47	14,92	14,92	11,86	4,66	4,74	3,50	3,491	
Площа полита за добу, га						15,14	15,14	30,68	38,33	38,33	31,54	15,54	15,79	11,68	11,64	
Полита площа наростаючим підсумком, га						15,14	30,28	60,96	99,28	137,6	169,2	184,7	200,5	212,2	223,8	

### 3.7 Формування заявки на подачу води

План замовлення на воду складають за встановленою формою для кожної декади вегетаційного періоду та для кожного водовиділу господарства (табл. 3.12). Для його оформлення із календарного плану поливів виписують необхідні дані за кожну декаду: строки початку та закінчення поливів, їх тривалість, величини секундних витрат нетто та брутто, коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи, а також об'єми води, визначені за результатами водогосподарського розрахунку [31].

Таблиця 3.12 - План-замовлення на воду

Номер точки виділу	Строки подачі води	ККД	Витрата, л/с		Об'єм води, тис.м <sup>3</sup>	
			нетто	брутто	за декаду	наростаючим підсумком
1	2	3	4	5	6	7
1	15.04-19.04	0,98	104	106,1	32,1	32,1
	20.04-21.04	0,98	104	106,1	12,9	45,0
	26.4	0,98	98	100,0	6,6	51,6
	27.4	0,98	193	196,9	13,1	64,7
	28.04-30.04	0,98	297	303,1	69,2	133,9
	01.05-	0,98	297	303,1	19,6	153,4
	02.05-	0,98	264	269,4	17,0	170,5
	03.05-04.05	0,98	217	221,4	27,0	197,5
	05.05-	0,98	113	6,0	5,89	203,4
	06.05-07.05	0,98	65	66,3	8,2	211,6
	10.05-14.05	0,98	104	106,1	32,1	243,7
	15.05-16.05	0,98	199	203,1	25,9	269,6
	17.05-18.05	0,98	199	203,1	25,9	295,5
	19.05-	0,98	199	203,1	17,0	312,6
	20.05-	0,98	199	203,1	25,9	338,5
	21.05-22.05	0,98	217	221,4	27,0	365,5
	23.05-	0,98	104	106,1	6,4	372,0
	24.05-	0,98	65	66,3	4,1	376,1
	26.05-28.05	0,98	48	49,0	10,5	386,6
	27-30.06	0,98	95	96,9	26,1	412,7
	01.07-	0,98	143	145,9	9,5	422,2
	02.07-	0,98	160	163,3	13,6	435,8
	03.07-	0,98	113	115,3	7,1	442,9

## Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7
	04.07-	0,98	267	272,4	17,4	460,2
	05.07-07.07	0,98	362	369,4	71,6	531,9
	08.07-09.07	0,98	297	303,1	39,6	571,5
	10.07-	0,98	199	203,1	19,7	591,2
	11.07-12.07	0,98	199	203,1	26,3	617,5
	13.07-15.07	0,98	98	100,0	19,8	637,3
	16.07-17.07	0,98	146	149,0	20,2	657,5
	18.07-	0,98	193	196,9	16,6	674,1
	19.07-	0,98	193	196,9	13,1	687,2
	20.07-24.07	0,98	193	196,9	72,1	759,3
	25.07-	0,98	95	96,9	6,5	765,8
	27.07-29.07	0,98	48	49,0	10,5	776,3
	01.08-02.08	0,98	95	96,9	26,1	802,4
	03.08-06.08	0,98	160	163,3	51,5	853,9
	07.08-	0,98	65	66,3	4,1	858,0
	08.08-	0,98	113	115,3	7,6	865,6
	09.08-10.08	0,98	48	49,0	7,0	872,6
	11.08-16.08	0,98	199	203,1	80,7	953,3
	17.08-	0,98	152	155,1	9,4	962,7
	18.08-	0,98	48	49,0	3,0	965,7
	20.08-	0,98	199	203,1	13,4	979,2
	21.08-25.08	0,98	199	203,1	102,9	1082,1
	26.08-27.08	0,98	152	155,1	33,7	1115,8
	28.08-31.08	0,98	104	106,1	27,7	1143,5
	01.09-	0,98	104	106,1	6,9	1150,4
	04.09.-	0,98	48	49,0	3,5	1153,9
	05.09-06.09	0,98	152	155,1	19,9	1173,7
	07.09-10.09	0,98	104	106,1	25,7	1199,5
	11.09-	0,98	199	203,1	13,0	1212,4
	12.09-16.09	0,98	95	96,9	29,6	1242,0
	17.09-18.09	0,98	48	49,0	7,0	1249,0

### 3.8 Організація системи обліку води та контролю поливної площі

Для організації контролю за використанням води в ПП «Перемога АВК» точки водовиділу обладнують водовимірювальною апаратурою – водомірами та витратомірами. Вода, що подається на поля, вимірюється лічильниками, встановленими на дощувальних машинах. Необхідно також організувати пости для обліку води при скидних операціях.

Контроль за розподілом води в господарстві здійснює гідрометр зрошувальної системи та головний інженер-гідротехнік, а на рівні окремих сівозмін – гідротехнік господарства. Облік води на зрошувальних системах є основою планового водокористування.

Головна мета обліку води полягає в оперативному контролі за кількістю поданої води, раціональним її розподілом у господарстві, а також у складанні водного балансу для господарства в цілому [31, 36].

Площі, политі дощувальними машинами в межах сівозмін, враховують щоденно, окремо для кожного поливу й кожної культури. Бригадир порівнює фактичну политу площу з плановою та проводить аналіз можливих відхилень. Контроль якості поливу виконують вибірково визначенням вологості ґрунту термостатно-ваговим методом.

Ефективність водокористування в господарстві оцінюють за виконанням плану водозабору та плану поливів сільськогосподарських культур за фізичною та политою площами, за коефіцієнтом корисної дії зрошувальної мережі, коефіцієнтами використання зрошувальної води на полях та загальним коефіцієнтом корисного використання води в господарстві.

Виконання плану забору води в господарстві є основним показником ефективності організації водокористування, оскільки відображає ступінь відповідності фактичного використання водних ресурсів плановим потребам та режимам зрошення.

$$Z = Q_{\text{ф}} / Q_{\text{пл}}, \quad (3.15)$$

де  $Q_f$ ,  $Q_{пл}$  – фактичні і планові витрати води в точках виділу її господарству за певний період, м<sup>3</sup>/с.

План забору виконується добре, коли  $Z=1\pm 0,05$ .

### 3.9 Реалізація плану водокористування у виробничій діяльності

Початок реалізації внутрішньогосподарського плану водокористування передбачає комплекс підготовчих робіт, необхідних для своєчасного старту поливного сезону. До введення системи в експлуатацію проводять ремонт та налагодження всіх елементів інженерної інфраструктури: зрошувальної, колекторно-дренажної та внутрішньогосподарської мереж, а також гідротехнічних споруд. Вимірювальне обладнання (водоміри, витратоміри) встановлюють та перевіряють на готовність до роботи, а вся меліоративна техніка повинна бути відремонтована й укомплектована для подальшого використання.

Однією з ключових умов ефективної організації робіт під час поливів є щорічне експлуатаційне планування полів, яке включає відновлення тимчасової поливної та розподільчої мережі, ліквідацію залишкових гребенів і борозен та вирівнювання поверхні після попередніх сільськогосподарських операцій. Такі роботи виконують у другій половині літа або восени, коли вологість ґрунту дозволяє отримати необхідну якість виконання робіт [31, 36]. Для цих завдань застосовують планувальне та вирівнювальне обладнання типу ДЗ-605, ППА-3,0, ПЛ-5, ВП-8А, ГН-4А, МРП-4,2.

На наступному етапі визначають оптимальний спосіб поливу, що відповідає умовам експлуатації господарства. Оцінку обраної технології проводять за низкою критеріїв [37], серед яких: здатність підтримувати необхідну вологість кореневмісного шару впродовж усієї вегетації з урахуванням біологічних фаз розвитку культур; низький рівень механічного впливу водоподачі на рослини; мінімізація непродуктивних втрат води та забезпечення її рівномірного розподілу; мож-

ливість узгодження поливу з агротехнічними операціями; запобігання погіршенню меліоративного стану та збереження родючості ґрунтів; достатня економічна ефективність та рентабельність поливів; екологічна безпечність і відсутність негативного впливу на довкілля.

У даному проєкті передбачено використання системи дощування. Технологія дощування дозволяє механізувати процес поливу, поєднувати його з проведенням агротехнічних заходів та забезпечує сприятливий вплив на структуру ґрунту, хоча й потребує значних матеріальних витрат.

Дощувальні машини, розміщені на зрошуваній ділянці, працюють від напірної закритої мережі та переміщуються фронтально. Електроживлення до приводів опорних візків подається від дизельної електростанції, що встановлена на першому візку. Сумарна споживана потужність залежить від конкретної моделі дощувальної машини.

Процес роботи машини відбувається за такою схемою: агрегат послідовно переміщується вздовж лінії гідрантів, а слідом за ним рухається візок із гнучким водопровідним рукавом. Після під'єднання до чергового гідранта оператор поступово відкриває запірний пристрій до моменту встановлення необхідного тиску в системі. Коли тиск стабілізується, зливні клапани автоматично закриваються, і вода надходить до дощувачів, рівномірно зрошуючи поле [32, 33].

Після завершення поливу на одній позиції машину від'єднують від гідранта, вода автоматично зливається із системи через зливні клапани, і агрегат переміщується до наступної точки водовиділу. Після завершення поливу всієї площі машину повертають у початкову точку або транспортують на іншу ділянку. Для транспортування колеса машини переводять у спеціальний транспортний режим.

Схема роботи машини показана на рисунку 3.2 [32, 33].

Під час роботи дощувальної машини оператор контролює рівномірність подачі води вздовж усього водопровідного трубопроводу. Якщо спостерігається нерівномірний розподіл дощування, він перевіряє функціонування розбризкувачів і величину тиску на вході в машину. За потреби оператор коригує витрату води як окремих дощувачів, так і загальну витрату агрегату.

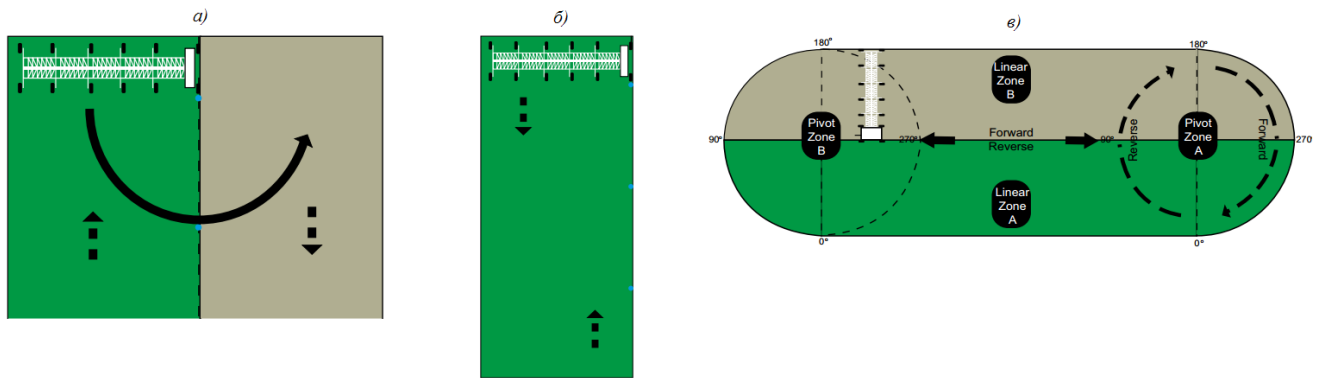


Рисунок 3.2 – Технологічні схеми роботи дощувальних машин на ділянці зрошення в ПП «Перемога АВК»: а) робота з розворотом; робота на одній позиції; в) універсальна схема роботи.

Переведення машини з робочого положення в транспортне та навпаки виконується оператором спільно з допоміжним працівником, якого господарство виділяє для цих технологічних операцій.

Для коректної та об'єктивної оцінки ефективності різних способів зрошення необхідно враховувати широкий комплекс чинників. Саме тому під час проектування та експлуатації сучасної поливної техніки потрібні вдосконалені методи аналізу.

Аграрне виробництво висуває до зрошувальної техніки цілу групу вимог, що охоплюють агробіологічні, ґрунтово-меліоративні, екологічні та організаційно-господарські аспекти. Ефективність використання поливної техніки в конкретних умовах залежить від клімату, властивостей ґрунтів, рельєфу, біологічних особливостей вирощуваних культур та виробничих потреб господарства.

Комплексне вирішення цих питань на сучасному рівні стає можливим завдяки застосуванню економіко-математичних методів, системного аналізу та використанню персональних ЕОМ, що дозволяє оптимізувати процеси планування, управління та оцінювання роботи зрошувальних систем.

### 3.10 Підготовка звітної документації щодо виконання плану водокористування

В системі контролю внутрішньогосподарського водокористування використовуються два типи звітності: оперативна та підсумкова, які допомагають забезпечити ефективне використання зрошувальної води та дотримання планових параметрів.

Оперативні звіти складаються кожні десять днів вегетаційного періоду і є основою для щоденного та декадного управління водокористуванням. Вони включають фактичні обсяги води, забраної з джерел чи магістральних каналів, подачу води на зрошувальні ділянки, розподіл по культурних масивах, коефіцієнти ефективності зрошувальної мережі, а також фактичні поливні норми та їх порівняння з плановими. Ці дані дозволяють виявляти відхилення в використанні води, коригувати графіки поливів і оптимізувати обсяги водозабору. Оперативні звіти разом із планом-замовленням води на наступний період передаються до управління зрошувальних систем, забезпечуючи прогнозованість і безперервність функціонування зрошувальної мережі.

Підсумкові звіти формуються щоквартально та за рік, маючи узагальнений характер і оцінюючи виконання планових показників за тривалий період. Вони включають загальну кількість забраної води, дотримання планових поливних норм для кожної культури, фактичний ККД зрошувальної системи, площі, що піддалися поливу, а також аналіз причин відхилень від планових показників. Ці звіти подаються до органів влади для ухвалення рішень щодо поліпшення технічного стану зрошувальних мереж, модернізації обладнання, перегляду режимів поливу та фінансування меліорації.

## 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ

4.1. Підготовчі заходи з приведення зрошувальної мережі у робочий стан перед поливним сезоном

Функціонування зрошувальної системи, так само як і виробництво сільськогосподарських культур, має чітко виражений сезонний характер. Це зумовлює необхідність виконання різних груп експлуатаційних робіт, які розподіляють відповідно до трьох основних періодів: етап підготовки до поливного сезону, період активної експлуатації, міжсезонне зберігання та консервація системи.

Кожен період передбачає виконання строго визначених операцій, що забезпечують надійну й безперебійну роботу всієї інфраструктури.

На початку поливного сезону проводять комплекс робіт, спрямованих на перевірку технічного стану мережі та усунення виявлених дефектів. Першим етапом є розконсервування елементів закритої зрошувальної мережі, після чого виконується їх детальне обстеження [36].

Огляд починають по трасі трубопроводів, перевіряючи кожен оглядовий колодязь. Особливу увагу приділяють: цілісності конструкцій; герметичності стиків труб з колодязями; наявності просідань чи деформацій ґрунту над трубопроводом, що може свідчити про пошкодження.

Колодязі, в яких накопичився бруд або мул, очищають, забезпечуючи вільний доступ до запірної арматури. Після очищення проводять перевірку працездатності всіх елементів закритої мережі: засувок, гідрантів, вантузів, гасників напорі та інших пристроїв. Контроль здійснюють шляхом зовнішнього огляду та пробного закриття й відкриття арматури для оцінки її функціонального стану.

Після усунення всіх дефектів та виконання ремонтних робіт мережу готують до першого заповнення водою. На цьому етапі виконують: ущільнення сальників засувок, перевірку та підтяжку кріпильних елементів, монтаж обладнання, яке знімалося на зимовий період.

Щоб уникнути гідравлічних ударів та утворення повітряних кишень, що можуть пошкодити трубопровід чи арматуру, заповнення мережі водою проводять поступово, малими витратами. Це дає змогу плавно вирівняти тиск і забезпечити безпечний перехід системи в робочий режим.

#### 4.2. Функціонування зрошувальної мережі у поливний період

У робочий період експлуатація зрошувальної системи спрямована на забезпечення своєчасного забору та рівномірного розподілу води між водоспоживачами відповідно до затверджених графіків. До комплексу експлуатаційних заходів входять: постійний нагляд за гідротехнічними спорудами, технічне обслуговування елементів системи та контроль її меліоративного стану. Основною функцією експлуатаційної служби у цей час є повне та якісне виконання плану водокористування, що охоплює всі операції з забору води з водоймища, транспортування її трубопроводом 1Кр–1Кр1 та подачі в зрошувальну мережу з мінімальними втратами та раціональним використанням ресурсів на полях.

Внутрішньогосподарська зрошувальна мережа ПП «Перемога АВК» забезпечує подачу води до дощувальних машин фронтальної дії типу Valley та ШДМУ (див. табл. 3.1), що визначає специфіку експлуатаційних робіт.

Експлуатація закритої зрошувальної мережі включає три основні періоди.

Підготовчий період – комплекс робіт, пов'язаних з підготовкою системи до подачі води: виконання поточних ремонтів, перевірка працездатності арматури, очищення мережі та підготовка обладнання до поливного сезону.

Робочий період – проведення регулярного технічного огляду й обслуговування мережі та запірно-регулюючої арматури; усунення виявлених відмов і дефектів; підтримання стабільного функціонування всієї системи під час поливів.

Заключний період – оцінювання технічного стану мережі після завершення поливів, підготовка її до зимової консервації та виконання необхідних ремонтно-профілактичних робіт [39].

Упродовж поливного сезону утримання закритої мережі передбачає її своєчасний пуск, зупинку, регулювання режимів роботи, систематичний контроль технічного стану трубопроводів та арматури. У цей період трубопровідна мережа повинна залишатися заповненою водою, що мінімізує ризик виникнення гідравлічних ударів та зменшує інтенсивність деформаційних процесів.

#### 4.3 Заходи з консервації мережі та дощувальної техніки на зиму

У неробочий період експлуатація зрошувальної системи спрямована на забезпечення її цілісності та підтримання працездатності окремих елементів до початку наступного поливного сезону. До комплексу робіт цього етапу входять проведення планових, поточних і капітальних ремонтів, профілактичне обслуговування обладнання, а також виконання заходів з переобладнання чи модернізації системи.

Після завершення поливів першочергово здійснюють промивання трубопровідної мережі та запірно-регулюючої арматури з метою видалення наносів та технологічних забруднень. Подальша підготовка до зимової консервації передбачає повне звільнення зрошувальних трубопроводів і арматури від води через кінцеві засувки або випускні колодязі до настання від'ємних температур. Оглядові колодязі очищають від бруду та сторонніх включень, арматуру – від корозійних утворень та залишків забруднень [38].

За результатами ревізії, яку проводить спеціально призначена комісія, складається дефектна відомість, що визначає обсяг і характер ремонтних робіт. Ті ділянки мережі та елементи арматури, які не планується ремонтувати восени, підлягають консервації на зимовий період згідно з вимогами нормативних документів [36, 38].

#### 4.4. Особливості експлуатації дощувальних машин

На зрошуваній ділянці ПП «Перемога АВК» полив сільськогосподарських культур здійснюється багатоопорними самопересувними дощувальними машинами фронтальної дії. Такі агрегати придатні для роботи в усіх ґрунтово-кліматичних зонах та забезпечують рівномірне зволоження посівів. Під час роботи вони рухаються фронтально з відбором води від гідрантів закритої зрошувальної мережі. Переміщення агрегату з однієї позиції на іншу здійснюється мотор-редукторами, розміщеними на кожному опорному візку. Живлення електродвигунів забезпечується від дизельної електростанції, змонтованої на першому візку машини. Для переходу до наступного гідранта трактор переміщує візок із гнучким трубопроводом. Фронтальний рух машини автоматизований і контролюється спеціальними пристроями, однак оператор має можливість ручного керування через пульт.

Підключення дощувальної машини до гідранта здійснюється за допомогою гнучкого трубопроводу та забірною пристроєм. Для встановлення агрегату на нову позицію перший опорний візок піднімають гідравлічним домкратом і повертають навколо осі машини.

Ширина смуг поливу залежить від модифікації дощувальної техніки: для ШДМУ вона становить 355 м, а для машин Valley – 355, 250 або 255 м. Експлуатаційні дороги призначені як для доступу до зрошуваних площ, так і для пересування першого опорного візка дощувальної машини, тому прокладаються вздовж лінії гідрантів [32. 33].

Обслуговування однієї дощувальної машини в зміну забезпечує один оператор-тракторист. Технічне обслуговування машин у ПП «Перемога АВК» проводиться згідно з планом-графіком, який узгоджується з графіком поливів. Планові ремонти виконуються після завершення поливного сезону – в осінньо-зимовий період.

Для підтримання дощувальної техніки у працездатному стані необхідно своєчасно виконувати технічні обслуговування, а також поточні та капітальні ремонти, дотримуючись встановлених правил експлуатації та зберігання. У період підготовки до поливного сезону машини розконсервовують, проводять огляд і підготовку до роботи. Деталі та вузли, які зберігалися на складах взимку, ретельно промивають, очищають від консерваційних матеріалів і встановлюють відповідно до інструкцій.

У робочий період планується не лише проведення поливів, а й виконання комплексу технічного обслуговування, що включає змащення вузлів, виявлення та усунення дрібних дефектів і пошкоджень [39, 40]. Щозмінне обслуговування виконують у перервах між змінами. Крім нього, після відпрацювання встановленого ресурсу проводять технічні обслуговування № 1, № 2 та № 3, спрямовані на попередження зношення деталей і включаючи виправлення можливих прогинів, заміну елементів та інші регламентні роботи [36, 39, 40].

Поточний ремонт передбачає часткове або повне розбирання машин у майстернях із заміною зношених деталей чи вузлів у коробці передач, редукторах, відцентрових насосах.

Облік роботи машин ведуть окремо за кожною одиницею техніки на підставі фактично політої площі. Відповідно до обсягу виробітку визначають строки виконання планового технічного обслуговування, поточних і капітальних ремонтів згідно з діючими нормативами.

#### 4.5. Робота та обслуговування насосної станції

Насосні станції, що забезпечують роботу зрошувальної системи в районі озера Озерище поблизу с. Чумаки, виконані у вигляді пересувних модулів, розташованих на узбережжі водного джерела. Їх основна функція полягає у заборі та подачі води на зрошувальні площі. Продуктивність станцій становить: для НС-1 – 100 л/с, для НС-2 – 170 л/с, для НС-3 – 95 л/с. Комплект насосного обладнання

включає чотири основні агрегати типу 200Д-90, а також допоміжні вузли гідромеханічного призначення. Керування роботою насосів здійснюється оператором у ручному режимі.

Ефективна експлуатація насосних станцій державних та внутрішньогосподарських меліоративних систем спрямована на забезпечення безперебійної та своєчасної подачі води для зрошення сільськогосподарських угідь, а також на відведення колекторно-дренажних вод. Подача чи перекачування води повинні виконуватися при мінімальних витратах електроенергії на 1 м<sup>3</sup> перекачаного об'єму [41].

До основних техніко-експлуатаційних показників роботи насосних станцій належать: рівні води у водоприймачі чи дренажному колодязі; величина робочого тиску в закритій мережі зрошення; обсяг перекачаної води або індивідуальні витрати кожного насоса; питомі витрати електроенергії при перекачуванні.

У будівлі насосної станції мають бути розміщені відомості, необхідні для її експлуатації, зокрема: генеральна схема інженерних комунікацій із позначенням номерів агрегатів; допустимі рівні води, за яких забезпечується робота насосів; технічні характеристики встановленого обладнання; необхідний робочий напір у трубопроводах для подачі води в канали або закриту мережу; правила безпечної експлуатації; посадові обов'язки машиніста; вимоги протипожежного захисту.

Перед введенням насосних станцій в експлуатацію організація, відповідальна за їх роботу, повинна забезпечити: своєчасний технічний огляд обладнання та споруд, а також їх ремонт; наявність запасу основних експлуатаційних матеріалів (мастильні матеріали, сальникові набивки, запобіжники тощо); контроль за дотриманням нормативів витрат електроенергії та паливно-мастильних матеріалів, розроблення заходів щодо їх зниження; впровадження пристроїв та технічних рішень, що підвищують економічність і надійність роботи станцій; перевірку заземлення, роботи релейного та блискавкозахисту; оновлення інструкцій з техніки безпеки та контроль за їх дотриманням; підготовку заходів для запобігання аварійним ситуаціям [41].

Робота насосних агрегатів повинна здійснюватися в режимах, що забезпечують мінімальні витрати енергоресурсів. Зменшення енергоспоживання досягається шляхом оптимізації тривалості та кількості пусків насосів, а також дотриманням вимог технічної експлуатації. Забороняється регулювання подачі відцентрових насосів шляхом часткового перекриття засувки, оскільки це призводить до перевантаження агрегатів і зайвих втрат енергії.

У процесі експлуатації необхідно контролювати справність пристроїв для гасіння гідравлічних ударів, встановлених на напірних трубопроводах та мережах. До початку поливного сезону проводиться повний технічний огляд насосів, електродвигунів, установа знятої на зимовий період арматури, перевірка автоматики та засобів зв'язку, очищення підвідних каналів, решіток, рибозахисних пристроїв і сміттєзатримуючих ґрат [41].

На кожній насосній станції відповідно до чинних норм повинні бути встановлені засоби протипожежного захисту, а також інвентар, необхідний для забезпечення техніки безпеки. До роботи допускається персонал віком від 18 років, який має відповідну кваліфікацію, пройшов медичний огляд та склав іспити з охорони праці.

Облік роботи насосних станцій ведеться у спеціальних журналах, записи в яких здійснюють чергові машиністи відповідно до виробничої інструкції. Режими роботи обладнання, порядок технічного обслуговування, а також графіки поточних і капітальних ремонтів встановлюються управлінням зрошувальних систем. Посадові обов'язки персоналу та графік чергувань регламентуються затвердженими інструкціями.

#### 4.6. Технічний стан і використання колекторно-дренажної мережі

За результатами оцінки сольового балансу на зрошуваному масиві встановлено, що за умови надходження під час вегетаційного періоду приблизно 29 мм зрошувальних і природних вод та при випаровуванні з поверхні ґрунтових вод до

160 мм (за умови обмеження їхнього рівня позначкою 7,6 м від поверхні), ймовірність розвитку вторинного засолення практично відсутня [36].

Однак гідрогеологічні розрахунки свідчать, що природний режим підґрунтових вод у межах масиву істотно змінений під впливом зрошення. У теперішній час дзеркало підґрунтових вод залягає на глибині 1,6–3,5 м, і практичні спостереження вказують на тенденцію до подальшого підняття. Така ситуація створює загрозу перезволоження території та розвитку заболочування, тому для стабілізації рівня підґрунтових вод передбачено застосування вертикального закритого дренажу.

Дренажна система - це сукупність споруд – дрен, колекторів, спеціальних свердловин та насосної станції, які забезпечують збирання й видалення надлишкових ґрунтових вод разом з розчиненими у них солями. Основною функцією дренажу є зниження рівнів підґрунтових вод, покращення сольового режиму ґрунтів і запобігання вторинному засоленню.

При максимальному розрахунковому відведенні води у величині 4030 м<sup>3</sup>/га за рік середньорічний модуль дренажного стоку становить 0,62 л/(с·га), тоді як для проектування прийнято гідромодуль 0,69 л/(с·га). Вода, що відводиться з території масиву, транспортується через напірний трубопровід із азбестоцементних труб діаметром 200 мм до насосної станції перекачування дренажних вод, а звідти – до НС-1 та надалі у водойму Куплевате.

Ефективність функціонування дренажної системи оцінюється окремо для двох періодів. Перший, меліоративний, охоплює час освоєння зрошуваних земель та формування оптимального водно-сольового режиму. Другий – експлуатаційний – передбачає підтримання досягнутого режиму та забезпечення стабільної меліоративної ситуації, що включає комплекс заходів із попередження засолення й заболочення ґрунтів.

Робота горизонтального закритого дренажу контролюється через оглядові колодязі. Наявність безперервного стоку в них свідчить про нормальний технічний стан дрен та їхню пропускну здатність.

Особлива увага під час експлуатації системи з механічним водовідведенням приділяється безперебійному функціонуванню дренажних насосних станцій. Будь-які зупинки обладнання можуть спричинити підняття рівнів підґрунтових вод, що, у свою чергу, може призвести до підтоплення, погіршення сольового режиму та відновлення процесів засолення на дренажній території.

#### 4.7 Утримання та функціонування гідротехнічних споруд на ділянці зрошення

Експлуатація внутрішньогосподарської зрошувальної мережі та гідротехнічних споруд на ній здійснюється безпосередніми водо- і землекористувачами, які при необхідності залучають технічну підтримку державних експлуатаційних служб. Ділянка зрошення площею 505,8 га у ПП «Перемога АВК» перебуває в оперативному підпорядкуванні РОВР у Дніпропетровській області. На балансі господарства знаходяться зрошувальна та колекторно-дренажна мережі, тоді як дренажна насосна станція обліковується Кільченською зрошувальною системою.

До компетенції внутрішньогосподарської експлуатаційної служби належать такі основні функції [31, 36]:

- підготовка мережі до роботи у поливний сезон та її консервація на зимовий період;

- утримання в справному стані трубопроводів, насосних станцій і споруд та виконання ремонтних робіт;

- реалізація заходів, спрямованих на запобігання засоленню та заболочуванню земель.

Як структурний підрозділ ПП «Перемога АВК», експлуатаційна служба відповідає за [36]:

- оперативне регулювання меліоративного режиму зрошуваних ґрунтів;
- технічне забезпечення, ремонт і модернізацію елементів внутрішньогосподарської системи;

проведення меліоративного моніторингу в межах господарства.

Керівництво експлуатаційними роботами покладене на інженера-гідротехніка, який організовує виробничий процес і контролює технічний стан мережі. Фінансування робіт із утримання та експлуатації зрошувальної системи здійснюється за рахунок коштів підприємства.

До складу закритої зрошувальної мережі входять водозабірні споруди, скидні системи, регулюючі й кінцеві водовипуски, оглядові та вузлові колодязі, а також упори, що забезпечують стійкість трубопроводів [31, 36].

Гідротехнічні споруди меліоративних систем характеризуються значною кількістю та типізацією конструктивних рішень – їх переважно виконують із збірного чи збірно-монолітного залізобетону, металу й синтетичних матеріалів. Особливу групу становлять споруди, що зводять на просадних ґрунтах; вони доповнюються спеціальними елементами, які зменшують нерівномірність осідань (наприклад, системами рівномірного зволоження або розподільчими шарами).

Враховуючи конструктивні та експлуатаційні особливості таких споруд, експлуатаційна служба зобов'язана забезпечувати постійний та систематичний контроль за їх технічним станом.

До основних експлуатаційних заходів належать [31]:

очищення водоприймачів та інших споруд від сміття, що перешкоджає руху води;

підготовка споруд до зимового періоду;

усунення дрібних пошкоджень бетону (тріщин, раковин), профілактичне обслуговування підйомних механізмів;

фарбування металевих елементів для захисту від корозії.

Електрифіковані підйомні механізми підлягають регулярному технічному огляду та ревізіям. Контролюється герметичність і захищеність електрообладнання від атмосферних опадів, пилу і забруднень.

Експлуатаційний персонал відповідає за збереження контрольно-вимірювальної апаратури та прибережних знаків: поворотних, кілометрових пікетів, інфор-

маційних табличок і елементів благоустрою. У процесі експлуатації фахівці аналізують причини виникнення дефектів та розробляють заходи для їх своєчасного усунення. У випадку потреби вживають заходів щодо підсилення конструкцій.

Експлуатаційні дороги, що забезпечують доступ до споруд, повинні перебувати у належному стані. Для цього проводять очищення проїзної частини, планування поверхні та видалення сторонніх предметів.

#### 4.8 Особливості експлуатації водозабору

Ефективність та стабільна робота водозабірною вузла значною мірою залежать від правильно організованої його експлуатації. Для таких споруд, як і для інших типів гідровузлів, розробляються спеціальні експлуатаційні інструкції, у яких визначено порядок утримання та обслуговування гідротехнічних об'єктів [31, 36]. До функцій експлуатаційної служби входить комплекс технічних дій, спрямованих на підтримання справного стану вузла, серед яких:

- керування пропуском необхідних витрат через гідроспоруди відповідно до існуючих гідравлічних умов та загальних вимог до роботи вузла;
- очищення водозабору від сміття, плаваючих предметів і топляків або організація їх безпечного проходження в нижній б'єфі;
- забезпечення проходу льодових утворень, шуги та снігу через споруди та виконання заходів, що перешкоджають замуленню верхнього б'єфу та накопиченню наносів у нижньому б'єфі;
- попередження розмивання русла в зоні нижнього б'єфу;
- постійний технічний огляд усіх елементів споруд і обладнання та проведення профілактичних робіт;
- своєчасне усунення пошкоджень і дефектів гідротехнічних елементів;
- створення запасів необхідних матеріалів, інструментів та обладнання;
- оперативне реагування на аварії та надзвичайні ситуації;

- дотримання належного зовнішнього стану споруд і контроль за роботою зв'язку та освітлення на території вузла.
- регулювання рівнів води у верхньому та нижньому б'єфах і в окремих спорудах з урахуванням режиму роботи водотоку (річки чи каналу);

Комплекс цих заходів реалізується залежно від режиму роботи водозабору, серед яких: проходження паводкових вод (кілька варіантів роботи), нормальні експлуатаційні режими, повний водозабір ( $K_{in} = 1$ ), а також зимова експлуатація.

До найважливіших специфічних завдань під час експлуатації водозабірних вузлів належать: оптимальне керування рівнями води й положенням затворів для зменшення потрапляння наносів у водоприймальну камеру; запобігання замуленню верхнього б'єфу та організація його періодичної промивки; заходи, спрямовані на зменшення накопичення наносів у нижньому б'єфі.

## 5 КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПЛАНУ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Рівень ефективності планового водокористування визначають за низкою техніко-економічних показників, які розраховують як для всієї зрошувальної системи, так і для окремих господарств. Усі ці показники поділяються на дві великі групи: оперативні та підсумкові.

Оперативні показники дають можливість регулярно – за добу, декаду чи місяць – стежити за результативністю використання води на полив. До таких показників належать: фактична площа зрошення, кількість гектарополивів, обсяг поданої на зрошення води (загалом і в перерахунку на 1 га), коефіцієнт корисної дії зрошувальної мережі, рівень забезпеченості культур водою, а також коефіцієнт використання води безпосередньо на полі.

Підсумкові показники характеризують водокористування за цілий вегетаційний період (або рік) і враховують кінцеві результати сільськогосподарської продуктивності.

До ключових критеріїв та показників, які використовують під час формування плану водокористування, належать [31, 36, 42]:

1. Площу зрошення нетто  $F_{\text{нт}} = 505,8$  га;
2. Сумарне виконання гектаро-поливів  $\sum F_{\text{нт}} = 3478,2$  га-пол;
3. Водоподачу за період вегетації сільськогосподарських культур
  - на поля  $\sum V_{\text{us}} = 1241,91$  тис.м<sup>3</sup>;
  - в точку виділу  $\sum V_{\text{us}}^{\text{T.B}} = 1267,3$  тис.м<sup>3</sup>;
4. Середньозважену зрошувальну норму бруто  $M_{\text{сер.зв}}$ , яку визначаємо за формулою

$$M_{\text{сер.зв}} = V_{\text{us}}^{\text{T.B}} / F_{\text{нт}}. \quad (5.1)$$

$$M_{\text{сер.зв}} = 1267,3 / 505,8 = 2505,5 \text{ м}^3/\text{га};$$

5. Середньозважену поливну норму, яку знаходимо за формулою

$$M_{\text{ср}} = V_{\text{us}}^{\text{T.B}} / \sum F_{\text{нт}}. \quad (5.2)$$

$$M_{\text{ср}} = 1267,3 / 3478,2 = 364,4 \text{ м}^3/\text{га};$$

6. Кратність поливів знаходимо за формулою

$$n = \sum F_{\text{нт}} / F_{\text{нт}}. \quad (5.3)$$

$$n = 3478,2 / 505,8 = 6,88$$

7. Сезонне навантаження на одну дощувальну машину за фізичною площею

$$F_{\text{фіз}} = F_{\text{нт}} / N_{\text{max}}, \quad (5.4)$$

де –  $N_{\text{max}}$  максимальна кількість дощувальних машин, які працюють на масиві протягом декади, шт., в нашому випадку  $N_{\text{max}}=5$ ;

$$F_{\text{фіз}} = 505,8 / 7 = 72,3 \text{ га.}$$

8. Сезонне навантаження на одну дощувальну машину за гектарополивами

$$F_{\text{га-пол}} = \sum F_{\text{нт}} / N_{\text{max}}. \quad (5.5)$$

$$F_{\text{га-пол}} = 3478,2 / 7 = 496,9 \text{ га.}$$

9. Загальний коефіцієнт корисної дії внутрішньогосподарської мережі

$$\eta_{\text{ВГМ}} = \sum V_{\text{us}} / \sum V_{\text{us}}^{\text{T.B}}. \quad (5.6)$$

$$\eta_{\text{ВГМ}} = 1241,91 / 1267,3 = 0,98.$$

Під час підготовки виробничо-фінансового плану господарства для визначеного періоду розраховують систему оперативних та річних узагальнених показників, що характеризують очікувані результати водогосподарської діяльності.

Реальні ж значення цих показників встановлюють після завершення року, ґрунтуючись на фактичних матеріалах обліку роботи господарства, даних водокористувачів та експлуатаційних служб зрошувальних систем.

## 6. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

### 6.1 Оцінювання впливу експлуатаційних робіт на стан ґрунтів

Ґрунтовий покрив у межах зрошуваного масиву представлений переважно лучно-чорноземними солонцюватими ґрунтами пілувато-легкосуглинкового гранулометричного складу, між якими трапляються ділянки звичайних середньогумусних чорноземів. Потужність гумусових горизонтів у середньому становить 1,0–1,05 м. Карбонатні сполуки з'являються на глибині близько 0,66–0,90 м. Реакція ґрунтового розчину у чорноземних та лучно-чорноземних ґрунтів коливається в межах нейтральної – слабколужної, тоді як у солонцюватих ґрунтів має схильність до середньолужної.

Формування ґрунтів відбувалося на еолово-елювіальних лесоподібних важких суглинках, які виконують роль ґрунтоутворюючих порід.

На стан ґрунтового покриву в умовах функціонування зрошувальної системи впливає низка основних факторів [16, 17, 19, 43], зокрема:

- використання дощувальних машин типу ШДМУ та Valley, що забезпечують штучне зволоження ґрунтів;
- можливість прояву іригаційної ерозії;
- ризик ущільнення орного шару й формування ґрунтової кірки по всій площі поливів;
- інтенсивніший винос поживних речовин у результаті підвищеної сільськогосподарської продуктивності на площі 505,8 га;
- потенційна небезпека вторинного засолення, осолонцювання та навіть заболочування, зумовлена підняттям мінералізованих ґрунтових вод у знижених елементах рельєфу.

Для мінімізації негативного впливу цих процесів у проєкті передбачено комплекс ґрунтозахисних та меліоративних заходів [19]:

1. Захист від іригаційної ерозії та поверхневих розмивів. На ділянці зрошення застосовуються дощувальні машини ШДМУ та Valley, які створюють штучний дощ інтенсивністю 0,98–1,13 мм/хв. Така інтенсивність перевищує поглинальну здатність ґрунту ( $\approx 0,5$  мм/хв), тому поливні норми встановлені з обмеженнями: до 300 м<sup>3</sup>/га для просапних культур, до 500 м<sup>3</sup>/га для багаторічних трав та культур суцільного висіву.

Параметри впливу:

- *Масштаб*: уся площа масиву (505,8 га).
- *Інтенсивність*: до 1,13 мм/хв за норми 300 м<sup>3</sup>/га.
- *Динаміка*: теплий період року.
- *Тривалість*: протягом усього строку експлуатації системи.

2. Компенсація втрат родючості. Для підтримання продуктивності ґрунтів застосовуються підвищені дози мінеральних і органічних добрив (табл. 6.1): азоту – 60 кг/га, фосфору – 51 кг/га, калію – 32 кг/га, органічні добрива - 7,8 т/га.

Параметри впливу:

- *Масштаб*: 505,8 га.
- *Динамічність*: внесення під основний обробіток, під час сівби та в період вегетації з можливим використанням розчинених добрив у поливній воді.
- *Тривалість*: на постійній основі протягом експлуатації зрошувальної системи.

3. Запобігання підйому ґрунтових вод та вторинному засоленню. Глибина залягання ґрунтових вод у межах масиву коливається від 3–5 м, а на східній пониженій ділянці – до 1,6 м. Мінералізація вод становить 2,3–3,1 г/л, а середньорічний підйом рівня при зрошенні – близько 0,3 м. Прогноз свідчить, що на територіях із глибиною ГВ близько 5 м протягом 12 років можливе їх наближення до критичних позначок. Це створює ризики вторинного засолення та деградації ґрунтів.

Для стабілізації водного режиму проєктом будівництва передбачено влаштування системи дренажу по всій території масиву.

Параметри впливу:

- *Масштаб*: 505,8 га.
- *Інтенсивність*: відведення до 5 л/с дренажного стоку.
- *Динамічність*: найбільше навантаження – у весняний період.
- *Тривалість*: постійно впродовж експлуатації зрошувальної мережі.

Таблиця 6.1 – Норми внесення мінеральних добрив

Назва сільськогосподарської культури	Норми внесення добрив у діючій речовині, кг/га			Перегній, т/га
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	
Люцерна під покров ячменю ярого	90	45	80	30
Люцерна 2-го року	-	-	-	-
Люцерна 3-го року	-	-	-	-
Озима пшениця + кукурудза на зелений корм	90	45	40	-
Кукурудза на зерно	80	60	30	20
Соняшник	90	60	30	-
Всього	350	210	180	50

## 6.2 Аналіз впливу зрошення на поверхневі водні ресурси

Джерелом зрошення є озеро Озерище – залишкова заплавна водойма з групи Протовчанських озер, що сформувалася у старому руслі річки Протовча, русло якої було змінене під час меліоративних робіт у 1960-х роках. Основу живлення озера становлять атмосферні опади та талі води, на які припадає 65–85 % загального притоку, доповнені підземним живленням. Через це рівень і якість води у водоймі істотно залежать від сезонних опадів і кліматичних умов. Забір води для потреб зрошення здійснюється безпосередньо з руслової частини озера.

Характер впливу водозабору визначається такими показниками:

- **Інтенсивність впливу**: максимальна подача насосної станції – 362 л/с, річний забір води – 1 267,3 тис. м<sup>3</sup>.
- **Сезонність**: найбільше навантаження фіксується в літній період.

- Тривалість: вплив зберігається протягом усього періоду експлуатації системи.

Водоприймачами поверхневого стоку (снігового, дощового) та дренажних вод із території зрошення виступають озера Озерище та Куплевате, які належать до басейну річки Чаплинка. Довжина балки, що відводить стік, становить приблизно 20 км, а площа водозбору – 97 км<sup>2</sup>.

Стік поверхневих вод, забруднених частками ґрунту, мінеральними добривами, отрутохімікатами та пестицидами, направляється у балку. Дренажні води обсягом 456 тис. м<sup>3</sup> на рік, що також містять домішки агрохімікатів, скидаються в озеро Куплевате.

Оцінка виносу та визначення концентрацій біогенних елементів у поверхневому стоці проводиться з урахуванням:

- геоморфологічних та гідрологічних характеристик території;
- водно-фізичних властивостей ґрунтів;
- структури посівів і застосовуваних агро меліоративних заходів;
- норм, форм і способів внесення органічних та мінеральних добрив;
- режиму зрошення сільськогосподарських культур;
- об'єму поверхневого стоку з масиву.

Річний обсяг поверхневого стоку визначається відповідно до механічного складу ґрунту та місцевих умов формування стоку. Для розглядуваної території цей показник становить 518 мм.

Розрахунок виносу азоту у зв'язаній та розчиненій формах поверхневими водами здійснюється за відповідною методикою [43].

$$B_B^{nc} = w(K_2N_y + 0,002N_0 + 0,66N_n + N_b) + \gamma(K_1N_y + 0,0002N_0 + 0,07N_n), \quad (6.1)$$

де  $B_B^{nc}$  - винесення поверхневим стоком за рік, кг/га;  $w$  - коефіцієнт, що характеризує винос азоту сорбованого частинами ґрунту з поверхневого шару ґру-

нту;  $K_2$  - коефіцієнт, що відображає кількість азоту в ґрунтовому шарі, закріпленого ґрунтом і мікроорганізмами з азотних добрив;  $N_y$  - норма внесення мінеральних добрив для відповідної культури, кг/га;  $N_0$  - норма внесення органічного добрива, кг/га;  $N_n$  - загальний (валовий) вміст азоту в орному горизонті, кг/га;  $N_b$  - кількість мінерального азоту в орному шарі ґрунту, кг/га;  $\gamma$  - коефіцієнт, що характеризує частку винесення азоту разом із ґрунтовим розчином у верхньому шарі ґрунту;  $K_1$  - коефіцієнт, що відображає кількість рухомих форм азоту добрив після їх фіксації ґрунтовими мікроорганізмами, втрат в атмосферу та винесення культурними рослинами.

Річний винос сорбованого фосфору поверхневим стоком ( $B_p^{nc}$ ) визначається за формулою [9,32]

$$B_p^{nc} = w(n_2 p_y + n_3 p_0 + n_4 p_n + p_b), \quad (6.2)$$

де  $w$  - коефіцієнт, що визначає частку винесення сорбованого фосфору поверхневим стоком із верхнього шару ґрунту;  $n_2$  - коефіцієнт, що відображає залишковий вміст фосфору після його засвоєння сільськогосподарськими культурами;  $p_y$  - норма внесення мінерального добрива (у перерахунку на діючу речовину), кг/га;  $n_3$  - коефіцієнт, що характеризує кількість фосфору, що залишається після винесення його культурами з органічних добрив;  $p_0$  - норма внесення органічних добрив, кг/га;  $n_4$  - коефіцієнт, що визначає залишковий обсяг рухомих форм фосфору після їх винесення сільськогосподарськими культурами;  $p_n$  - вміст мінерального фосфору у верхньому шарі ґрунту, кг/га;  $p_b$  - загальний (валовий) вміст фосфору в поверхневому шарі ґрунту, кг/га.

Річний винос сорбованого та розчиненого калію поверхневим стоком ( $B_k^{nc}$ ) визначається за формулою [9,32]

$$B_k^{nc} = w(0.2K_y + 0.0012K_0 = 0.008K_b + K_b) + \gamma((0.2K_y + 0.0012K_0 = 0.008K_b) * 0.018) \quad (6.3)$$

де  $w$  - коефіцієнт, що визначає частку винесення сорбованого калію поверхневим стоком із верхнього шару ґрунту;  $K_y$  - норма внесення калійного мінерального добрива (у перерахунку на діючу речовину), кг/га;  $K_0$  - норма внесення органічних добрив, кг/га;  $K_b$  - загальний (валовий) вміст калію в поверхневому шарі ґрунту, кг/га;  $\gamma$  - коефіцієнт, що відображає частку винесення калію в розчиненому стані разом із поверхневим стоком з об'єму ґрунтового розчину у верхньому шарі ґрунту.

Характеристики вмісту мінеральних та загальних форм елементів у верхньому орному горизонті ґрунту визначаються відповідно до його генетичного типу та особливостей рельєфу, що встановлюються за матеріалами геоморфологічних досліджень [43].

Параметри, що описують мобільність та трансформацію азотних сполук у ґрунтовому профілі, змінюються залежно від того, які саме азотні добрива застосовуються та в якій формі вони вносяться. Для розрахунків у даному проекті, де використовується аміачна селітра, приймаємо значення коефіцієнтів згідно [43].

Показники, що характеризують поведінку фосфору в ґрунті та його потенційний винос стоком, визначаються типом ґрунтового покриву та величиною річного поверхневого стоку. Для умов звичайних чорноземів, при висоті стоку дощового паводку забезпеченістю 10% на рівні 518 мм, використовуються значення з [32]  $w = 4 * 10^{-5}$ ,  $\gamma = 2.4 * 10^{-3}$ .

Величини коефіцієнтів, що описують зв'язування та міграцію калію, залежать насамперед від гранулометричного складу ґрунту. Для важких ґрунтів приймаються відповідні орієнтовні значення, та згідно з [19]  $n_2 = 0.2$ ,  $n_3 = 0.0004$ ,  $n_4 = 0.28$ .

Концентрація нітратної та амонійної форм азоту у поверхневому стоку для вибраного гідрологічного періоду встановлюється шляхом розрахунку за відповідними формулами

$$C_{NO_3}^{nc} = \frac{4.5 * 10^3 * B_N^{nc} \alpha \varphi}{W^{nc}}, \quad (6.4)$$

$$C_{NH_4}^{nc} = \frac{1.28 \cdot 10^3 \cdot B_N^{nc} \beta \varphi}{W^{nc}}, \quad (6.5)$$

де  $C_{NO_3}^{nc}$ ,  $C_{NH_4}^{nc}$  - концентрації нітратного та амонійного азоту відповідно, мг/л;  $B_N^{nc}$  - винесення азоту поверхневим стоком за рік, кг/га;  $\alpha$ ,  $\beta$  - коефіцієнти, що характеризують частку нітратів та амонійного азоту в поверхневому стоці;  $W^{nc}$  - об'єм поверхневого стоку, м<sup>3</sup>/га.

Значення коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$  визначаються в залежно від типу ґрунту. Для чорноземів звичайних приймають  $\alpha = 0.86$ ,  $\beta = 0.24$  [43].

Концентрація фосфору в поверхневому стоці ( $C_P^{nc}$ ) визначаємо за формулою

$$C_P^{nc} = \frac{B_P^{nc} \cdot 10^3 \varphi}{W^{nc}}, \quad (6.6)$$

де  $B_P^{nc}$  - річний винос сорбованого фосфору поверхневим стоком, кг/га;  $\varphi$  - модульний коефіцієнт, що забезпечує перехід від середньорічних концентрацій до максимальних значень для розрахункового періоду та вибраної забезпеченості;  $W^{nc}$  - об'єм поверхневого стоку, м<sup>3</sup>/га.

Концентрація калію в поверхневому стоці ( $C_K^{nc}$ ) визначається за формулою

$$C_K^{nc} = \frac{B_K^{nc} \cdot 10^3 \varphi}{W^{nc}}, \quad (6.7)$$

де  $B_K^{nc}$  - річний винесення калію, кг/га;  $\varphi$  - модульний коефіцієнт переходу від середньорічних до максимальних концентрацій за розрахунковий період;  $W^{nc}$  - об'єм поверхневого стоку, м<sup>3</sup>/га.

Для літньо-осінніх паводків при забезпеченості 10% величина модульного коефіцієнта становить 1,8 [43].

Показники винесення та концентрації основних біогенних елементів у поверхневому стоці зрошуваного масиву, а також гранично допустимі концентрації цих речовин для озера Куплевате та р. Чаплинка наведено в таблиці 6.2.

Аналіз отриманих даних свідчить, що за чинної системи внесення мінеральних і органічних добрив уміст суперфосфату в поверхневому стоці перевищує встановлені нормативи (див. табл. 6.2). Тому необхідно запровадити заходи, спрямовані на зменшення надходження біогенних елементів зі стоком [19].

Для запобігання забрудненню водних об'єктів продуктами ерозії, залишками добрив, пестицидів та інших хімічних речовин, що можуть потрапляти у водні системи разом із поверхневим і дренажним стоком зі зрошуваного масиву, під час експлуатації передбачають застосування комплексу організаційно-господарських, агротехнічних, гідромеліоративних і лісомеліоративних заходів.

Основні заходи, що знижують ризики заболочування й засолення ґрунтів:

- дотримання норм водокористування, правильних методів поливу та оптимального режиму зрошення;
- підвищення ефективності внутрішньогосподарської зрошувальної мережі та мінімізація втрат води на зрошуваних площах;
- упровадження сучасних технологій обробітку ґрунту;
- підтримання зрошувальної та дренажної систем у технічно справному стані;
- припинення подавання води до системи у період відсутності поливів.

Організаційно-господарські заходи:

- суворе дотримання правил зберігання, транспортування та внесення добрив і засобів захисту рослин;
- заборона нерівномірного (роздрібного) внесення мінеральних добрив;
- недопущення внесення будь-яких добрив на сніговий покрив;
- виконання приписаних норм внесення добрив та їх рівномірний розподіл по полю;
- поєднання хімічних обробок із агротехнічними та біологічними методами боротися зі шкідниками, хворобами та бур'янами;
- застосування пестицидів згідно з офіційно дозволеними списками;
- обмеження авіаційного внесення препаратів за несприятливих умов;

- погодження авіаційних робіт з органами санітарно-епідеміологічної служби та рибоохорони.

Агротехнічні заходи:

- визначення оптимальних доз мінеральних добрив відповідно до запланованої урожайності;
- забезпечення умов для утримання елементів живлення в ґрунті та ефективного засвоєння їх рослинами;
- внесення азотних добрив із загортанням на глибину оранки;
- застосування фосфорних та калійних добрив під зяб у повному обсязі або не менше 65% від норми;
- формування необхідної густоти стояння рослин для підвищення рівня вологозабезпечення та використання поживних речовин;
- проведення міжрядного обробітку просапних культур для інтенсифікації поглинання біогенних елементів та збільшення ємності орного шару.

Заходи при використанні пестицидів [19]:

- обґрунтування потреби в проведенні хімічних обробок;
- визначення мінімально необхідних норм витрат препаратів та оптимальних строків внесення;
- використання засобів короткодіючої дії;
- чергування різних груп пестицидів у сівозміні не частіше одного разу на три роки;
- застосування смугового внесення разом із сівбою або під час міжрядного обробітку для зменшення ризику накопичення речовин у ґрунті та зниження витрат.

Меліоративні заходи включають розміщення зрошувального масиву на відстані не менш як 30 м від лінії середньорічного рівня води у русловому водоймі, що зменшує ризики підтоплення й небажаного впливу зрошення на прилеглі території.

Таблиця 6.2 - Об'єм винесення біогенних речовин, їх концентрація та гранично допустимі концентрації (ГДК) у поверхневому стоці

Культура	Річний винос речовини, кг/га			Концентрація речовин в поверхневому стоці, мг/л				ГДК, мг/л			
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>NO<sub>3</sub></i>	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>NO<sub>3</sub></i>	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>P</i>	<i>K</i>
Люцерна під покров ячменю ярого	0,468	0,218	1,216	0,89	0,08	1,08	15,21	40,0	0,5	0,1	50,0
Люцерна 2-го року	0,468	0,216	1,218	0,88	0,08	1,07	15,19				
Люцерна 3-го року	0,468	0,216	1,218	0,88	0,08	1,07	15,19				
Озима пшениця + кукурудза на зелений корм	0,466	0,218	1,216	0,89	0,07	1,08	15,21				
Кукурудза на зерно	0,468	0,216	1,218	0,88	0,08	1,07	15,19				
Соняшник	0,468	0,218	1,216	0,88	0,07	1,07	15,19				

### 6.3 Оцінка змін у режимі підземних вод під впливом водокористування на ділянці зрошення

Приповерхневий водоносний горизонт, сформований еолово-делювіальними відкладами четвертинного віку, поширений по всій території дослідження. Рівень ґрунтових вод зазвичай знаходиться на глибині 0,6–2,0 м навесні та 1,7–3,6 м у літньо-осінній сезон. Упродовж багаторічних спостережень їхній хімічний склад суттєво не змінювався. Мінералізація вод варіює в межах 0,7–2,6 г/дм<sup>3</sup>, а реакція середовища є лужною – рН 7,80–8,70. Катіонний склад залишається постійним і переважно натрієвим, тоді як аніонний склад змінюється від сульфатно-гідрокарбонатного та гідрокарбонатного до гідрокарбонатно-сульфатного типу.

Підстилаючим водотривким шаром виступають червоно-бурі глини, що залягають на глибині 12–15 м. Основними джерелами поповнення цього водоносного горизонту є інфільтрація атмосферних опадів та води, що надходить під час зрошення.

Проведені гідрогеологічні розрахунки показали загальну тенденцію до підвищення рівня ґрунтових вод у межах зрошуваного масиву. За прогнозами, через приблизно 12 років експлуатації системи рівень води може піднятися до поверхні ґрунту. З метою недопущення такого розвитку подій проєктом заплановано будівництво колекторно-дренажної мережі на площі 480,3 га, загальною довжиною 19,7 км, виконаної з ПВХ-труб.

Площа території, на яку впливає зрошення, становить 505,8 га.

Підвищення рівня вод відбувається зі швидкістю близько 0,3 м/рік.

Найбільш інтенсивні зміни спостерігаються навесні.

Вплив є тривалим і триває протягом усього періоду експлуатації зрошувальної системи. Для контролю динаміки рівня ґрунтових вод та їхнього хімічного складу на території масиву облаштовано п'ять спостережних свердловин, за якими виконується постійний моніторинг. Роботи з нагляду здійснює Павлоградське міжрайонне управління водного господарства

## 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 7.1. Огляд стану забезпечення безпеки праці на підприємстві

Відповідно до вимог ЗУ «Про охорону праці», підприємство ПП «Перемога АВК» зобов'язане створювати для працівників безпечні та здорові умови праці, а також нести відповідальність, передбачену законодавством, у разі заподіяння шкоди їхньому здоров'ю або працездатності.

Питання організації охорони праці прописані у колективному договорі підприємства. Згідно з положеннями цього документа керівництво бере на себе такі обов'язки [44]:

- гарантувати дотримання трудових прав працівників щодо безпечних умов праці;
- підтримувати робочі місця та обладнання у стані, що відповідає вимогам охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії;
- впроваджувати комплекс профілактичних заходів, спрямованих на недопущення нещасних випадків і зменшення виробничого травматизму.

У ПП «Перемога АВК» обов'язки служби охорони праці покладені на агронома, який виконує їх за сумісництвом. До функцій відповідального за охорону праці належать:

- знання та неухильне виконання вимог нормативно-правових актів у сфері охорони праці, правил експлуатації техніки, машин, обладнання та інших виробничих систем, а також правильне застосування засобів індивідуального й колективного захисту;
- дотримання умов колективного договору, трудової угоди та правил внутрішнього трудового розпорядку щодо питань охорони праці;
- проходження медичних оглядів у встановлені строки;
- взаємодія з роботодавцем у питаннях забезпечення безпечних умов праці;

– оперативне реагування на будь-які виробничі небезпеки, що становлять загрозу життю, здоров'ю або довкіллю, та інформування керівництва про такі ситуації.

Порушення вимог охорони праці може стати підставою для притягнення як працівників, так і керівного складу до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної чи кримінальної відповідальності. Перевірка знань у сфері охорони праці здійснюється до початку виконання посадових обов'язків, а також регулярно – один раз на три роки. У своїй роботі спеціаліст керується чинним законодавством, нормативно-правовими актами міжгалузевого та галузевого характеру та Положенням про службу охорони праці. Він має право видавати керівникам підрозділів обов'язкові для виконання приписи щодо усунення порушень, а зупинку робіт за його приписом може скасувати лише керівник, якому підпорядкована ця служба.

Відповідальність на підприємстві розподіляється таким чином [44, 45]:

- керівник підприємства відповідає за загальний стан охорони праці;
- керівники підрозділів – за безпеку праці у межах своїх структурних одиниць.

Для забезпечення комфортних і безпечних умов на підприємстві облаштовано душові приміщення, кухні з побутовою технікою (холодильниками, мікрохвильовими печами тощо), кімнати охорони. Працівники забезпечені спецодягом, респіраторами, дезбар'єрами та засобами дезінфекції. Виробничі приміщення оснащені пожежними комплектами та схемами евакуації. За час діяльності господарства не було зафіксовано випадків виробничого травматизму, хоча періодично працівники хворіють через застудні захворювання, пов'язані з користуванням громадським транспортом, а не з умовами праці.

Відповідно до статті 19 Закону України «Про охорону праці», фінансування заходів з охорони праці здійснюється виключно за рахунок роботодавця, і працівники не несуть жодних витрат. На підприємстві функціонує фонд охорони праці, який забезпечує реалізацію передбачених заходів.

Серед виявлених недоліків у системі охорони праці можна зазначити:

- несвоєчасну оцінку технічного стану обладнання та приміщень;
- часткове захаращення евакуаційних виходів;
- відсутність або несвоєчасне проведення атестації робочих місць;
- формальний підхід до проведення окремих інструктажів та навчань з охорони праці;
- періодичне невідповідність параметрів мікроклімату встановленим нормам.

7.2. Оцінка рівня виробничого травматизму та професійних захворювань, а також аналіз факторів, що зумовлюють їх виникнення

У нинішніх умовах підвищення вимог до безпеки праці та вдосконалення системи охорони праці рівень виробничого травматизму та профзахворювань помітно знизився. Для кількісної оцінки рівня травматизму застосовують такі основні показники [45]:

- Коефіцієнт частоти травматизму

$$K_{\text{ч}} = 1000 \cdot n/N, \quad (7.1)$$

- Коефіцієнт важкості травматизму

$$K_{\text{в}} = D/N, \quad (7.2)$$

- Коефіцієнт витрат робочого часу це добуток коефіцієнтів частоти і важкості нещасних випадків

$$K_{\text{вв}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}}, \quad (7.3)$$

де Т – загальна кількість виробничих травм (нещасних випадків), зафіксованих упродовж аналізованого періоду; Р – середньооблікова чисельність персоналу, осіб; Д – загальна кількість втрачених робочих днів унаслідок отриманих травм.

Аналогічний підхід застосовується і для визначення показників захворюваності, однак у цьому випадку результати обчислюються у перерахунку на 100 працівників. Узагальнені відомості щодо травматизму та випадків захворюваності працівників ПП «Перемога АВК» подано в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Дані травматизму та захворювань

Показник	Роки		
	2023	2024	2025
Кількість працюючих,чол.	30	26	25
Кількість нещасних випадків,од.	-	-	-
Кількість захворювань,од.	5	6	5
Втрати днів непрацездатності: від травматизму	-	-	-
від захворювань	27	24	30
Витрати тис. грн. від травматизму	-	-	-
від захворювань	2929,5	3472,8	5166
Коефіцієнт частоти травматизму,%	-	-	-
Коефіцієнт частоти захворювань,%	16	23	20
Коефіцієнт важкості травматизму,%	-	-	-
Коефіцієнт важкості захворювань,%	5,4	4	6
Коефіцієнт витрат робочого часу травматизму,	-	-	-
Коефіцієнт витрат робочого часу захворювань,	90	92	102

Аналіз даних таблиці 7.1 свідчить, що протягом останніх трьох років на ПП «Перемога АВК» не було зареєстровано жодного нещасного випадку. Кількість випадків захворювань серед працівників залишається незначною, так само як і сумарна кількість днів тимчасової непрацездатності.

Вивчення лікарняних листків показало, що зафіксовані захворювання працівників не пов'язані з умовами праці або технологічними процесами підприємства.

Таким чином, за умови дотримання вимог чинного законодавства та правил охорони праці, підприємство може стабільно функціонувати та нарощувати свої виробничі потужності.

### 7.3 Визначення фінансових втрат, пов'язаних із випадками травм і захворювань на виробництві

Матеріальні наслідки виробничого травматизму можуть бути розраховані й проаналізовані за такою формулою

$$M_n = D_T \cdot S \cdot \Phi, \quad (7.4)$$

де:  $D_m$  – кількість людино-днів непрацездатності у потерпілих з утратою працездатності на 1 день і більше, тимчасова непрацездатність яких закінчилась у звітному році;  $S$  – середньоденна заробітна плата одного працівника;  $\Phi$  – коефіцієнт матеріальних наслідків (страхові внески, штрафи, матеріальні витрати);  $\Phi=2$ .

Умовні річні витрати додаткового продукту ми можемо розрахувати за формулою

$$V_e = (D_T + D_1 + D_c) \cdot S, \quad (7.5)$$

де  $D_1$  – кількість людино-днів непрацездатності за рік унаслідок інвалідності;  $D_c$  – кількість людино-днів у році, недопрацьованих через смертельні випадки.

$$Y_v(2016) = (5+0+0) \cdot 99 = 495 \text{ грн};$$

$$Y_v(2017) = (6+0+0) \cdot 111 = 666 \text{ грн};$$

$$Y_v(2018) = (5+0+0) \cdot 127 = 635 \text{ грн}.$$

Сумарні матеріальні втрати підприємства від нещасних випадків, включаючи умовні витрати недоотриманого продукту за рік, визначають за формулою

$$3M_n = S \cdot [D_T \cdot (\Phi + 1) + D_1 + D_c]. \quad (7.6)$$

Розрахунок збитків, яких підприємство зазнає внаслідок загальної захворюваності персоналу, проводять за залежністю

$$M_{33} = D_3 \cdot (A + B_3), \quad (7.7)$$

де  $A$  – величина недоотриманої продукції одним працівником за один робочий день. Вона обчислюється згідно з формулою

$$A = \frac{ТП_{заг}}{(n \cdot 249)}, \quad (7.8)$$

де  $ТП_{заг}$  – річний обсяг товарної продукції підприємства, грн;  $n$  – середньооблікова чисельність працівників; 249 – нормативна кількість робочих днів у році;  $M_{33}$  – річні економічні втрати від того, що хворі працівники<sup>27</sup> були відсутні на робочому місці;  $D_3$  – сумарна кількість робочих днів, пропущених усіма працівниками через хворобу.

$$B_3 = \frac{ЗП_{сер}}{N_{сер} \cdot D_{непр}}, \quad (7.9)$$

де  $ЗП_{сер}$  – середньомісячна заробітна плата;  $N_{сер}$  – середня кількість робочих днів у місяці (20,9);  $D_{непр}$  – кількість днів непрацездатності протягом року.

Загальні витрати підприємства від травматизму та загальних захворювань працівників дорівнюють

$$M_{заг} = M_{зз} + 3M_{н}, \quad (7.10)$$

де  $M_{заг}$  – сумарні витрати підприємства від травматизму та загальних захворювань працівників;

Розрахунки наведені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Розрахунок збитків через непрацездатність персоналу

Рік	Товарна продукція, грн	Середня зарплата, грн	Кількість днів непрацездатності протягом року, днів	Недоотримана продукція 1 працівником за один робочий день, грн	Збитки через захворювання, грн/день	Збитки через загальні захворювання, грн	Загальні витрати підприємства від травматизму та загальних захворювань
2023	1324300	12000	27	177,28	21,27	5360,79	5360,79
2024	1530000	15500	25	236,33	29,67	6649,88	6649,88
2025	1705270	17000	30	273,94	27,11	9031,57	9031,57

Проведений аналіз засвідчив, що, незважаючи на поступове зростання обсягів виробництва та покращення рівня оплати праці, підприємство зазнає економічних втрат через зростання кількості днів непрацездатності працівників. Найбільш несприятливим за рівнем втрат виявився 2025 рік, у якому спостерігається найбільша кількість днів хвороби та максимальна недоотримана продукція за рахунок відсутності персоналу.

Отже, подальше скорочення економічних втрат можливе шляхом удосконалення системи охорони праці, впровадження профілактичних заходів щодо зменшення загальної захворюваності, покращення умов праці та впровадження програм ранньої діагностики та медичного супроводу персоналу. Зменшення кількості днів непрацездатності дозволить підвищити загальну ефективність виробництва і зміцнити економічну стійкість підприємства.

#### 7.4 Обчислення економічного ефекту від реалізації заходів із підвищення безпеки праці

Річну економію ми рахуємо за допомогою формули

$$Q = M_{заг1} - M_{заг2}, \quad (7.11)$$

де  $M_{заг1}$ ,  $M_{заг2}$  – матеріальні наслідки виробничого травматизму та захворювань в 2023 та 2025 роках.

$$Q = 9031,57 - 5360,79 = 3670,78 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність заходів з охорони праці розраховується за формулою

$$E = Q - E_H \cdot (K_2 - K_1), \quad (7.12)$$

де  $Q$  – річна економія, в наслідок зниження виробничого травматизму;  $E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності заходів з охорони праці. Приймаємо 0,08;  $K_2$ ,  $K_1$  – витрати для впровадження заходів для попередження нещасних випадків та захворювань за 2023 та 2025 роки.  $K_1 = 1764$ ,  $K_2 = 2975$

$$E = 3670,78 \cdot 0,08 (2975 - 1764) = 3573,89 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат на охорону праці розраховується

$$T = K_2 / Q, \quad (7.13)$$

$$T = 2975/3670,78 = 0,81.$$

Коефіцієнт економічної ефективності заходів розраховується відповідно до формули

$$E_{ef} = Q/K_2, \quad (7.14)$$

$$E_{ef} = 3670,78/2975 = 1,23.$$

Згідно з отриманими розрахунковими даними встановлено, що значення коефіцієнта ефективності наближається до одиниці. Такий результат свідчить про достатньо високий рівень ефективності функціонування підприємства ПП «Перемога АВК» та підтверджує раціональність використання його виробничих ресурсів.

#### 7.5 Пропозиції щодо удосконалення умов праці та підвищення рівня безпеки

На підставі проведеного аналізу стану охорони праці на ПП «Перемога АВК» доцільно рекомендувати такі заходи щодо підвищення рівня безпеки виробничого середовища та зменшення ризиків травматизму:

- регулярно організовувати профілактичні заходи, спрямовані на запобігання виробничим травмам і професійним захворюванням, зокрема забезпечити систематичне проведення атестації робочих місць за умовами праці;
- здійснити комплексну перевірку технічного стану обладнання – виробничих приміщень, агрегатів, машин і їх конструктивних елементів з метою своєчасного виявлення несправностей;

- забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів, усунувши будь-які перешкоди чи зайві предмети, які можуть завадити оперативній евакуації у разі аварійної ситуації;
- удосконалити систему навчання з охорони праці, передбачивши відповідальність для осіб, що допускають несвоєчасне або формальне проведення інструктажів та навчальних заходів;
- нормалізувати мікроклімат виробничих приміщень, приведучи параметри температури, вологості та повітрообміну у відповідність до встановлених нормативних стандартів.

## 8. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ВОДОКОРИСТУВАННЯ НА ЗРОШУВАНІЙ ДІЛЯНЦІ

8.1 Розрахунок щорічних експлуатаційних та капітальних витрат, пов'язаних з функціонуванням ділянки зрошення

Для оцінювання економічної ефективності водокористування на зрошуваній ділянці земель приватного підприємства «Перемога АВК» було проведено порівняльний аналіз двох варіантів використання водних ресурсів. Перший варіант відповідає умовам року з 75 % забезпеченістю природного зволоження, другий – року з 25 % забезпеченістю (табл. Б.1).

Порівняння здійснюється за показниками продуктивності сільськогосподарських культур за умов зрошення та без нього. Ключовими факторами, що визначають результативність водокористування, є урожайність культур та обсяги витраченої поливної води.

Для коректності порівняння у різні за зволоженням роки урожайність культур без зрошення прийнято за середніми значеннями, отриманими для відповідних груп років (75 % і 25 % забезпеченості) на основі довідкових даних [17]. Урожайність культур за умов зрошення прийнято сталою для обох варіантів природного зволоження.

Необхідні витрати води визначено за розрахунками, виконаними відповідно до режиму зрошення за методом Алпатьєвих (див. табл. 3.2).

По внутрішньогосподарській зрошувальній мережі сумарні щорічні витрати складають

$$C_{\text{мел}}^{\text{сум}} = A + 3П + ВЕЕ + ВПММ + АГВ + КР + ПР + ІЗ, \quad (8.1)$$

де  $A$  - відрахування на амортизацію, грн;  $ЗП$  - річна оплата праці персоналу, грн;  $ВЕЕ$  - електроенергія, грн;  $ВПММ$  - вартість паливних матеріалів і мастила, грн;  $АГВ$  - витрати на адміністративне та господарське забезпечення, грн;  $КР$  - кошти, передбачені на проведення капітального ремонту, грн;  $ПР$  - витрати, пов'язані з виконанням поточного ремонту;  $ІЗ$  - інші супутні витрати, грн.

Амортизацію основних фондів внутрішньогосподарської зрошувальної мережі обчислюють за залежністю

$$A = \frac{\alpha \cdot ПВ}{100}, \quad (8.2)$$

Витрати на виконання поточного ремонту визначаються згідно з формулою

$$A_{n.p.} = \frac{\alpha_{n.p.} \cdot ПВ}{100}, \quad (8.3)$$

де  $\alpha$  і  $\alpha_{n.p.}$  - вартість окремих елементів зрошувальної мережі у розрахунку на 1 га поливної площі;  $ПВ$  - первісна (балансова) вартість, грн.

Обчислення амортизаційних відрахувань, а також витрат на поточні та капітальні ремонтні роботи, подають у вигляді таблиці (табл. 8.1).

Розмір річної заробітної плати обслуговуючого персоналу визначають за формулою

$$ЗП = \sum ЗП \cdot 12, \quad (8.4)$$

де  $\sum ЗП$  - сумарний розмір річної заробітної плати штатних працівників, грн/рік.

Таблиця 8.1 - Обчислення амортизаційних відрахувань та витрат на поточні ремонтні роботи

Елемент зрошувальної мережі	Початкова вартість, грн		Амортизаційні відрахування, грн		Поточний ремонт, грн		Капітальний ремонт, грн	
	на 1га	всього	%	грн	%	грн	%	грн
Внутрішньогосподарська мережа	1530	773874	4	30955,0	2	15 477,5	2,3	17799,1
Дороги	204	103183	2	2063,7	4	4 127,3	5	5159,2
Лісосмуги	25,5	12898	2,5	322,4	1	129,0	1,5	193,5
Разом		116081		33341,1		19 733,8		23151,7

Обчислення фонду оплати праці експлуатаційного персоналу наведено в таблиці 8.2. Оскільки застосовується закрыта зрошувальна мережа, витрати на очищення каналів від наносів не передбачаються.

Таблиця 8.2 - Розрахунок заробітної плати експлуатаційного штату

Посада	Кількість одиниць	Заробітна плата за місяць, грн.	Міс.	Заробітна плата за рік, грн.
Інженер-гідротехнік	1	17000	9	153000
Оператор ДМ	3	12000	5	180000
Всього:	4	29000		333000
Відрахування (22 %):				73260
Разом:				406260

Вартість спожитої електроенергії визначають за формулою

$$BEE = 0,004 \cdot M \cdot H \cdot F \cdot C_e, \quad (8.5)$$

$M$  - середньовиважена зрошувальна норма бруто,  $m^3/га$ ;  $H$  - напір насосної станції,  $m$ ;  $F$  - зрошувана площа,  $га$ ;  $C_e$  - тариф на електроенергію,  $грн/кВт \cdot год$ .  $У$

2025 році тариф для споживачів другої категорії (лінія 10 кВ) становив 8,25 грн/кВт·год [46].

Вартість електроенергії

За першим варіантом водокористування (P=75%)

$$BEE = 0,004 \cdot 2505,5 \cdot 73 \cdot 505,8 \cdot 8,25 = 3052882 \text{ грн.}$$

За другим (P=25 %)

$$BEE = 0,004 \cdot 2330,5 \cdot 73 \cdot 505,8 \cdot 2,30 = 2839649 \text{ грн.}$$

Витрати на паливно-мастильні матеріали. Ці витрати приймаються на рівні 10 % від вартості електроенергії.

За першим варіантом водокористування (P=75%)

$$BPM = 0,1 \cdot 851106,52 = 305288 \text{ грн.}$$

За другим (P=25 %)

$$BPM = 0,1 \cdot 736695 = 791660 \text{ грн.}$$

Адміністративно-господарські витрати. Норматив - 30 грн/га.

$$AGB = 30 \cdot 505,8 = 15174 \text{ грн.}$$

Інші статті витрат визначаються як 10 % суми загальних витрат..

Після визначення всіх складових їх підставляють у формулу (7.1).

За першим варіантом водокористування (P=75%)

$$C_{мел}^{сум} = 33,34 + 406,26 + 3052,88 + 305,29 + 15,17 + 23,15 + 19,73 + 385,58 = 4241,41 \text{ тис. грн.}$$

За другим (P=25 %)

$$C_{мел}^{сум} = 33,34 + 406,26 + 2839,65 + 283,96 + 15,17 + 23,15 + 19,73 + 362,13 = 3983,4 \text{ тис грн.}$$

Після визначення сумарних витрат на утримання систем визначаємо питомі витрати на 1 га зрошуваної площі

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

В нашому випадку

За першим варіантом водокористування (P=75%)

$$C_{мел}^{пит} = \frac{4241410}{505,8} = 8385,5 \text{ грн/га.}$$

За другим

$$C_{мел}^{пит} = \frac{3983400}{505,8} = 7875,4 \text{ грн/га.}$$

Визначаємо питомі витрати на 1 м<sup>3</sup> зрошувальної води, поданої в господарство

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

За першим варіантом водокористування

$$C_{\text{мел}}^{\text{ит}} = \frac{4241410}{1241,91} = 3,41 \text{ } \text{грн} / \text{м}^3.$$

За другим

$$C_{\text{мел}}^{\text{ит}} = \frac{3983400}{1178,76} = 3,38 \text{ } \text{грн} / \text{м}^3.$$

## 8.2 Аналіз економічної віддачі водокористування на зрошуваній ділянці

Економічна результативність упровадження зрошуваної сівозміни в господарстві оцінюється за приростом валової продукції та додатковим чистим прибутком, який утворюється за рахунок підвищення врожайності. Застосування зрошення забезпечує інтенсифікацію аграрного виробництва, що приводить до збільшення валового збору сільськогосподарських культур порівняно з показниками, яких можна досягти на тих самих площах у богарних умовах при проектній урожайності.

Для обґрунтування економічної ефективності водокористування на зрошуваних масивах здійснюється порівняння загальних витрат на вирощування продукції та її вартості за різних варіантів використання водних ресурсів. Позитивний економічний ефект від упровадження зрошення проявляється за умови, що експлуатація зрошувальної системи забезпечує зниження собівартості продукції, приріст чистого прибутку та підвищення рівня рентабельності виробництва.

Подальша оцінка ефективності ґрунтується на визначенні валового збору культур та розрахунку вартості виробленої продукції на зрошуваній площі. У цій роботі приймається припущення, що врожайність культур за умов зрошення є сталою, а отже, величина валової продукції та її загальна вартість залишаються незмінними для всіх розглянутих варіантів водокористування (див. табл. 8.3). Тому економічний ефект оцінюється шляхом порівняння приросту урожайності у різні за зволоженням роки, отриманого завдяки застосуванню поливу.

Водокористування на зрошуваних ділянках визначає величину додаткових виробничих витрат, які розраховують виходячи з фактичної собівартості продукції рослинництва та прогнозованого рівня урожайності. На зрошуваних землях собівартість формується з урахуванням експлуатаційних витрат на функціонування зрошувальної мережі, витрат на електроенергію, паливно-мастильні матеріали, оплату праці персоналу, а також додаткових трудових витрат, необхідних для проведення поливу та обслуговування обладнання. Таким чином, витрати на одиницю виробленої продукції визначаються на основі комплексного врахування експлуатаційних витрат та підвищеної продуктивності за умов зрошення.

Таблиця 8.3 - Валова продукція і 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
Ярий ячмінь	35	50,0	1 750,00	936,40	1 638 700	46 820
Люцерна 1 року	35	50,0	1 750,00	93,60	163 800	4 680
Люцерна 2 року	87	90,0	7 830,00	93,60	732 888	8 424
Люцерна 3 року	20	70,0	1 400,00	93,60	131 040	6 552
Озима пшениця	150	65,0	9 750,00	895,80	8 734 050	58 227
Кукурудза на зел. корм	150	600,0	90 000,0	75,60	6 804 000	45 360
Кукурудза на зерно	132	120,0	15 840,0	873,50	13 836 240	104 820
Соняшник	81,8	38,0	3 108,40	2 593,30	8 061 014	98 545
Всього	505,8	х	х	х	40 101 731	79 283

Оскільки валовий збір продукції та її загальна вартість за різних варіантів водокористування залишаються незмінними, рівень продуктивності праці також не зазнає відхилень. Це зумовлено тим, що обсяг виробленої продукції та трудові витрати на її отримання у двох випадках є сталими. Розрахунок показників продуктивності праці наведено у табличній формі (табл. 8.4), що дозволяє проаналізувати співвідношення результатів виробництва та трудових ресурсів.

Економічне обґрунтування доцільності впровадження розглянутих варіантів водокористування здійснюється через визначення додаткового чистого доходу, який може бути отриманий внаслідок використання різних режимів подачі та споживання зрошувальної води. Для цього проводять порівняння сумарних витрат і фінансових результатів виробництва за кожним варіантом.

Меліоративні витрати підлягають розподілу між окремими сільськогосподарськими культурами відповідно до їх частки в структурі посівних площ, проектної зрошувальної норми та фактичних обсягів водоспоживання. Такий підхід забезпечує об'єктивність економічної оцінки, оскільки враховує реальний рівень ресурсомісткості кожної культури в умовах зрошення.

Таблиця 8.4 – Продуктивність праці при зрошенні

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Затрати праці, люд-дн		Продуктивність праці	
		на 1га	всього	ц на 1 люд-дн	грн на 1 люд-дн
1	2	3	4	5	6
Ярий ячмінь	35	6,5	228	7,69	7 203,1
Люцерна 1 року	35	9,6	336	5,21	487,5
Люцерна 2 року	87	10,6	922	8,49	794,7
Люцерна 3 року	20	9,8	196	7,14	668,6
Озима пшениця	150	8,8	1 320	7,39	6 616,7
Кукурудза на зелений корм	150	8,6	1 290	69,77	5 274,4
Кукурудза на зерно	132	19,0	2 508	6,32	5 516,8
Соняшник	81,8	18,0	1 472	2,11	5 474,7

Розрахунок меліоративних витрат для кожного варіанта водокористування подано в таблицях 8.5 та 8.6. Дані таблиці дають змогу оцінити розподіл експлуатаційних витрат між культурами відповідно до їх площі, зрошувальної норми та фактичного обсягу водоспоживання.

Таблиця 8.5 – Розрахунок меліоративних витрат при зрошенні за варіантом 1

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Споживання води		Меліоративні витрати, грн.	
			м <sup>3</sup>	%	всього	на 1га
Ярий ячмінь	35	600	21000	1,7	71 719,93	2049,1
Люцерна 1 року	35	2400	84000	6,8	286 879,71	8196,6
Люцерна 2 року	87	4050	352350	28,4	1 203 357,91	13831,7
Люцерна 3 року	20	3150	63000	5,1	215 159,78	10758,0
Озима пшениця	150	1800	270000	21,7	922 113,34	6147,4
Кукурудза на зелений корм	150	1300	195000	15,7	665 970,74	4439,8
Кукурудза на зерно	132	1200	158400	12,8	540 973,16	4098,3
Соняшник	81,8	1200	98160	7,9	335 239,43	4098,3
Всього	505,8		1241910	100	4 241 413,99	8385,6

Сільськогосподарські витрати на вирощування продукції рослинництва прийнято згідно з економічним обґрунтуванням витрат на 2025 рік [44], що забезпечує актуальність і відповідність розрахунків сучасним умовам господарювання. На їх основі визначають загальні витрати у рослинництві та розмір чистого прибутку для кожного з варіантів водокористування (табл. 8.7 та 8.8).

Таблиця 8.6 – Розрахунок меліоративних витрат при зрошенні за варіантом 2

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Зрошувальна норма, м <sup>3</sup> /га	Споживання води		Меліоративні витрати, грн.	
			м <sup>3</sup>	%	всього	на 1га
Ярий ячмінь	35	600	21000	1,8	70 965,64	2027,6
Люцерна 1 року	35	1800	63000	5,3	212 896,91	6082,8
Люцерна 2 року	87	3600	313200	26,6	1 058 401,76	12165,5
Люцерна 3 року	20	3000	60000	5,1	202 758,96	10137,9
Озима пшениця	150	1800	270000	22,9	912 415,31	6082,8
Кукурудза на зел корм	150	1300	195000	16,5	658 966,61	4393,1
Кукурудза на зерно	132	1200	158400	13,4	535 283,65	4055,2
Соняшник	81,8	1200	98160	8,3	331 713,66	4055,2
Всього	505,8		1178760	100	3 983 402,50	7875,4

Для комплексної оцінки результатів водокористування необхідно обчислити техніко-економічні показники, які відображають взаємозв'язок між виробничими витратами, обсягами продукції та економічними результатами. Всі розрахунки зводимо в табл. 8.9

Таблиця 8.9 – Загальна економічна ефективність вирощування сільськогосподарських культур

ПОКАЗНИК	Варіант 1	Варіант 2
1	2	3
Площа зрошення, га	505,80	505,80
Об'єм поданої води, тис.м <sup>3</sup>	1 241,91	1 178,76
Сумарні сільськогосподарські витрати, тис.грн.	7 529,47	8 282,41
Сумарні меліоративні витрати, тис.грн	4 241,41	3 983,40
в т.ч. - амортизаційні	33,34	33,34
- поточний ремонт	19,73	19,73
- заробітна платня	406,26	406,26
- капітальний ремонт	23,15	23,15
- електроенергія	3 052,88	2 839,65
- паливно-мастильні матеріали	305,29	283,96
- адміністративно-господарчі	15,17	15,17
- інші	385,58	362,13
Всього витрат, тис.грн.	11 770,88	12 265,82
Собівартість 1 м <sup>3</sup> води, коп	948	1 041
Чистий дохід, тис.грн.	28 331	27 836
Рентабельність сільськогосподарського виробництва, %	240,69	226,94

Таблиця 8.7 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток при зрошенні за варіантом 1

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Меліоративні витрати, грн.		Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
			всього	на 1га	на 1га	всього	всього	на 1 га	всього	на 1 га
Ярий ячмінь	35	1638700	71719,9	2049,1	10400	364000	435719,9	12449,1	1 202 980,1	34370,9
Люцерна 1 року	35	163800	286879,7	8196,6	9600	336000	622879,7	17796,6	- 459 079,7	-13116,6
Люцерна 2 року	87	732888	1203357,9	13831,7	7390	642930	1846287,9	21221,7	- 1 113 399,9	-12797,7
Люцерна 3 року	20	131040	215159,8	10758,0	7000	140000	355159,8	17758,0	- 224 119,8	-11206,0
Озима пшениця	150	8734050	922113,3	6147,4	12960	1944000	2866113,3	19107,4	5 867 936,7	39119,6
Кукурудза на зелений корм	150	6804000	665970,7	4439,8	8120	1218016,8	1883987,5	12559,9	4 920 012,5	32800,1
Кукурудза на зерно	132	13836240	540973,2	4098,3	14540	1919280	2460253,2	18638,3	11 375 986,8	86181,7
Соняшник	81,8	8061013,72	335239,4	4098,3	11800	965240	1300479,4	15898,3	6 760 534,3	82647,1
Всього	505,8	40 101 731,72	4241414,0	8385,6	14886,3	7529466,8	11770880,8	23271,8	28 330 850,9	56012,0

Таблиця 8.8 – Загальні сільськогосподарські витрати і чистий прибуток при зрошенні за варіантом 2

Сільськогосподарська культура	Площа, га	Вартість валової продукції, грн.	Меліоративні витрати, грн.		Сільськогосподарські витрати, грн.		Загальні витрати, грн.		Чистий прибуток, грн.	
			всього	на 1га	на 1га	всього	всього	на 1 га	всього	на 1 га
Ярий ячмінь	35	1 638 700	70965,6	2027,6	11440	400400,0	471365,6	13467,6	1 167 334,4	33352,4
Люцерна 1 року	35	163 800	212896,9	6082,8	10560	369600,0	582496,9	16642,8	- 418 696,9	-11962,8
Люцерна 2 року	87	732 888	1058401,8	12165,5	8129	707223,0	1765624,8	20294,5	- 1 032 736,8	-11870,5
Люцерна 3 року	20	131 040	202759,0	10137,9	7700	154000,0	356759,0	17837,9	- 225 719,0	-11285,9
Озима пшениця	150	8 734 050	912415,3	6082,8	14256	2138400,0	3050815,3	20338,8	5 683 234,7	37888,2
Кукурудза на зелений корм	150	6 804 000	658966,6	4393,1	8932	1339818,5	1998785,1	13325,2	4 805 214,9	32034,8
Кукурудза на зерно	132	13 836 240	535283,7	4055,2	15994	2111208,0	2646491,7	20049,2	11 189 748,3	84770,8
Соняшник	81,8	8 061 014	331713,7	4055,2	12980	1061764,0	1393477,7	17035,2	6 667 536,1	81510,2
Всього	505,8	40 101 732	3 983 402,50	7 875,45	16 374,9	8 282 413,48	12 265 815,98	24 250,33	27 835 915,74	55033,4

## ВИСНОВКИ

У межах виконаної роботи була здійснена детальна характеристика природно-кліматичних умов території. Цей район належить до центральної зони України, що відрізняється теплим кліматом з помірно посушливими умовами. Ґрунтовий покрив цієї території представлений лужними малогумусними чорноземами середньосуглинкової структури, що зумовлює певні особливості водокористування та потреби в зрошенні.

З метою оптимізації використання водних ресурсів, було проведено аналіз різних підходів до визначення режимів зрошення та встановлення років різної забезпеченості зволоження. Для цього використано статистичне групування даних багаторічних спостережень, що дозволило класифікувати роки за рівнем водозабезпеченості. Сумісна статистична обробка за такими параметрами, як сума опадів, дефіцит водоспоживання та комплексний показник, здійснювалась за допомогою кластерного аналізу. На підставі аналізу для подальших розрахунків були відібрані репрезентативні роки з ймовірністю забезпеченості 25 %, 50 %, 75 % та 95 %.

Згідно з результатами, до вологих років віднесено 1989 і 2000, до середніх – 1961, 1964, 1981, 1984, 1996, до середньо-сухих – 1966, 1950, 1998, 2010, а до сухих – 1951, 1954, 1957, 1968, 1972, 1975, 1986, 2007. Це дозволило більш точно оцінити потребу в зрошенні для кожного року, в залежності від забезпеченості водою.

Для раціонального використання водних ресурсів проведено порівняння різних методів визначення режимів зрошення. Для розрахунків були залучені методи біокліматичної оцінки Алпатьєвих та метод Остапчика. Методи, запропоновані ДДАУ, Штойко та ФАО, не були використані через відсутність необхідних коефіцієнтів або невідповідність умовам регіону. Порівняння показало, що метод Алпатьєвих є найбільш підходящим для даної території, оскільки він дає можливість з точністю визначати потреби в зрошенні в залежності від кліматичних умов.

Далі виконано планові розрахунки водокористування для року з 75-відсотковою природною забезпеченістю. Розраховано, що для досягнення запланованої урожайності культур на зрошуваних площах підприємства, загальна потреба у воді на рік становить 1 241,91 тис. м<sup>3</sup> при 75 % забезпеченості водою і 1 178,76 тис. м<sup>3</sup> при 25 % забезпеченості.

У процесі дослідження був складений календарний графік водокористування, сформовано план-замовлення на воду та оперативний план проведення поливів. Це дозволило створити чітку стратегію для ефективного використання водних ресурсів у господарстві, що забезпечує належний рівень поливу культур протягом сезону. Окрім того, в роботі детально розглянуто питання експлуатації зрошувальних споруд, техніки та обладнання, що використовуються на підприємстві, а також важливість їх своєчасного обслуговування та ремонту.

Окрему увагу було приділено аналізу стану охорони праці на підприємстві. Виявлено ряд проблемних аспектів, зокрема необхідність поліпшення умов праці операторів техніки та підвищення рівня безпеки при роботі з дощувальними машинами. Були запропоновані шляхи їх усунення, зокрема вдосконалення навчання працівників та забезпечення більш ефективного контролю за виконанням норм охорони праці.

Надана оцінка екологічних наслідків використання водних ресурсів, зокрема можливого впливу поливних вод на ґрунтове та водне середовище. На основі цього аналізу розроблено рекомендації щодо зменшення негативного впливу на довкілля, включаючи покращення системи водообороту, зниження втрат води та контроль за якістю води, що використовується для поливу.

Економічні розрахунки, проведені в рамках роботи, показали, що навіть за умов середнього природного зволоження, впровадження зрошення дозволяє досягти значного економічного ефекту. Це підтверджує важливість зрошення для забезпечення стабільних врожаїв та економічної ефективності в сільському господарстві.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що раціональне використання водних ресурсів є ключовим фактором для успішного ведення сільського господарства,

особливо в умовах змін клімату. Попередня оцінка варіантів природного зволоження дає змогу ефективно планувати водокористування, оптимізувати споживання води та мінімізувати екологічні ризики. Це дозволяє значно покращити управління водними ресурсами, забезпечити стабільне функціонування зрошувальних систем та знизити навантаження на довкілля.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 14 серпня 2019 р. № 688-р «Про схвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 04.11.2025 ).
2. Кабінет Міністрів України. Розпорядження від 21 жовтня 2020 р. № 1567-р «Про затвердження Плану заходів з реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року» // База даних «Законодавство України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1567-2020-%D1%80> (дата звернення: 04.11.2025 ).
3. Організація Об'єднаних Націй. Цілі сталого розвитку (ЦСР). URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku> (дата звернення: 04.11.2025).
4. Кабінет Міністрів України. «Деякі питання забезпечення досягнення Цілей сталого розвитку в Україні»: Розпорядження від 29 листопада 2024 р. № 1190 // Офіційний сайт КМУ. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvitku-ta-ukrayina> (дата звернення: 04.11.2025).
5. Чумаківська сільська рада: [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://chumaki.otg.dp.gov.ua/>
6. Географічна енциклопедія України: В 3-х т./Редкол.: О.М.Маринич та ін.–К.: Українська радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1989-1993.Т.3:П-Я.–480с.
7. Гідрохімія України: Підручник / Л.М. Горєв, В.Г. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К.: Вища школа, 1995. – 307с.
8. Геологічна будова України. Сайт geografiamotozil2!. URL: <https://geografiamotozil2.jimdofree.com/головна/геологічна-будова/> (дата звернення: 24.11.2025).
9. Климат Украины / Под ред. М.І. Бабиченко. – К.: Наукова думка, 2021. – 328 с.
10. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області (1986 - 2005рр.) / За редакцією О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. – Дніпропетровськ: Поліграфічний центр ППВКФ „Поліграф-Медіа”, 2011. – 231 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. Український гідрометеорологічний центр. Кліматична характеристика Дніпровського району Дніпропетровської області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meteo.gov.ua> (дата звернення: 01.11.2025).
13. Національний ґрунтовий атлас України / За ред. С.А. Балюка, Л.І. Медведєва, М.В. Тараріко. – Київ: Центр європ. та міжнар. досліджень, 2018. – 264 с.
14. Протовчанські озера. *Вікіпедія: вільна енциклопедія*. Розділ «Протовчанські озера». Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Протовчанські\\_озера](https://uk.wikipedia.org/wiki/Протовчанські_озера) (переглянуто: 25.11.2025).
15. Інститут водних проблем і меліорації НААН. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Вода для миру», присвяченої Всесвітньому дню води, 21 березня 2024 р.: тези доповідей / ІВПіМ НААН. – Київ, 2024. – 172 с. – Режим доступу: [https://waterday.iwpim.com.ua/Water\\_day\\_tезy2024.pdf](https://waterday.iwpim.com.ua/Water_day_tезy2024.pdf).
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шлях поліпшення. - К.: Видавництво „Світ”, 2000. - 114с.

21. 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.
22. Водоспоживання, режими зрошення сільськогосподарських культур і техніко-економічне обґрунтування водозабезпеченості меліоративних систем (Посібник до ДБН В.2.4.1 – 99). – К.: Державний комітет по водному господарству України, 2001. – 54 с.
23. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. – К.: Держбуд України, 2000. – 186 с.
24. Информационно-советующая система управления орошением; под ред. В.П. Остапчика. – К.: Урожай, 1989. – 248 с.
25. Розрахункові методи визначення сумарного випаровування і строків поливу сільськогосподарських культур/Д.А. Штойко, В.А. Писаренко, О.С. Бичко, Л.І. Єлаженко//Зрошуване землеробство. – К.: Урожай, 1977. – Вип. 22. – С. 3–11.
26. Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper; 56).
27. Doorenbos J., Pruitt W. O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper; 24).
28. Hanks R. J., Ashcroft G. L. Applied soil physics. New York: Springer, 1980. 345 p.
29. Pereira L., Cordery I., Iacovides I. Improved indicators of water use performance and productivity for irrigation and drainage. Paris: UNESCO, 2012. 85 p. (IHP-VI Technical Documents in Hydrology).
30. Литовченко А.Ф. Агрогидрометеорологический метод расчета влажности почвы и водосберегающих режимов увлажнения орошаемых культур в Степи и Лесостепи Украины: монография / А.Ф.Литовченко. - Днепропетровск: Изд-во «Свідлер А.Л.», 2011. – 244 с.
31. Эксплуатация гидромелиоративных систем / Под редакцией Орловой Н.А. - К.: Вища школа, 1985. – 368с.

32. Валмонт® Irrigation. Каталог продукції Valley® : [Електронний ресурс] / Valmont Irrigation. — 2018. — 28 с. — Режим доступу: [https://ats.in.ua/storage/tb-products\\_tree.files/2018/01/09/1515492012\\_ru10098-1017-product-catalog-low.pdf](https://ats.in.ua/storage/tb-products_tree.files/2018/01/09/1515492012_ru10098-1017-product-catalog-low.pdf) (дата звернення: 28.11.2025).
33. Зрошувальні системи [Електронний ресурс] / Variant Irrigation. – Режим доступу: [https://variant-irrigation.com.ua/produkcziya/zroshuvalny-sistemyi?utm\\_source=chatgpt.com](https://variant-irrigation.com.ua/produkcziya/zroshuvalny-sistemyi?utm_source=chatgpt.com) (дата звернення: 28.11.2025).
34. Методичні вказівки з визначення типового розподілу метеофакторів в характерні по умовах зволоження періоди вегетації для виконання водобалансових розрахунків та агрометеорологічних прогнозів. МТД 33-04-03-93,- К.: Урожай. 1993. – 37 с.
35. Доценко В.І. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування: навчальний посібник / В.І. Доценко, В.В. Морозов, Д.М. Онопрієнко – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 448 с.
36. Правила експлуатації меліоративних систем. Частина 1. Зрошувальні системи. – К.: Вища школа, 1998. – 231с.
37. Мелиорация и водное хозяйство. 6. Орошение: Справочник / Под ред. Б. Б.Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
38. FAOLEX Database | Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ukr170252.pdf> (дата звернення: 13.11.2025). - Положення про консервацію та розконсервацію меліоративних систем та окремих об'єктів інженерної інфраструктури
39. Відомчі норми часу на роботи, які виконуються в експлуатаційних водогосподарських організаціях. ВТЕН 33-2.6.-01-97. – К.: Держводгосп України, 1997.
40. Норми часу на роботи, які виконуються в експлуатаційних водогосподарських організаціях. Частина II. Ручні роботи. Укрводексплуатація. ВТЕН 33-2.6-04-99. – К., 1999.
41. Про затвердження Правил безпечної експлуатації насосних станцій водогосподарських систем. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0271-10#Text> (дата звернення: 13.11.2025).

42. 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>.
43. Руководство по определению расчетных концентраций минеральных, органических веществ в дренажном и поверхностном стоке с мелиорируемых земель ВТР–П–30–81. – М.: Министерство мелиорации и водного хозяйства, 1981. – 42с.
44. Державні будівельні норми України. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення: ДБН А.3.2-2-2009. – [На заміну СНиП III-4-80; чинні від 1 квітня 2012 р.]. – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 122 с. – (Державні будівельні норми).
45. Основи охорони праці : підручник [Електронне видання] / К. Н. Ткачук, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, О. І. Полукаров [та ін.] ; НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл : 7,4 МБ). – Київ : Основа, 2015. – 456 с. – Назва з екрана. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18512> (дата звернення: 28.11.2025).
46. Яка ціна світла для підприємства з травня 2025 року // *EcoTech*. – 29.03.2025. – URL: <https://www.ecotech.ua/yaka-czina-svitla-dlya-pidpryyemstva-z-travnya-2025-roku/> (дата звернення: 28.11.2025).

# ДОДАТКИ

Таблиця А.1 – Дані для розрахунку забезпеченості за природним зволоженням років

Рік	ККП	Опади	Люцерна покров яч-меню	Люцерна минулих років	Пшениця озима	Кукурудза на зелений корм	Кукурудза на зерно	Соняшник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1937	0,444	122	348	431	129	162	227	204
1938	0,456	311	313	431	113	175	210	201
1939	0,123	162	456	581	184	223	246	231
1946	0,530	177	290	408	194	19	253	248
1947	0,088	152	493	655	237	134	361	356
1948	0,356	243	289	480	232	195	146	120
1949	0,403	244	310	439	244	224	133	105
1950	0,371	234	363	486	271	123	169	152
1951	0,090	162	454	578	188	187	292	283
1952	0,289	188	358	499	228	223	211	174
1953	0,389	248	343	450	121	213	255	222
1954	0,067	195	480	635	235	237	256	234
1955	0,370	216	330	449	143	182	250	242
1956	0,768	328	194	313	162	98	115	115
1957	0,093	133	466	613	207	178	328	309
1958	0,861	389	162	241	125	54	106	114
1959	0,310	219	380	482	147	137	282	284
1960	0,664	479	239	316	209	17	160	171
1961	0,530	276	294	418	81	218	226	186
1962	0,282	192	386	507	219	162	218	199
1963	0,208	214	435	570	198	211	244	234
1964	0,558	222	294	386	155	144	163	144
1965	0,583	281	298	399	167	167	172	173
1966	0,363	254	360	464	174	248	167	151
1967	0,285	230	375	526	175	236	208	200
1968	0,063	133	480	651	285	203	282	268
1969	0,590	288	297	421	226	148	147	137
1970	0,489	233	348	454	146	114	190	176
1971	0,379	200	319	489	219	195	221	199
1972	0,178	263	469	622	202	243	294	259
1973	0,838	365	177	285	123	91	73	67
1974	0,759	310	215	330	125	159	142	112
1975	0,060	192	482	601	219	239	295	267
1976	0,951	470	38	136	107	0	15	23
1977	0,905	455	81	182	139	55	0	0
1978	0,926	442	87	169	65	86	63	70
1979	0,227	232	453	575	308	131	292	307
1980	0,944	364	126	185	36	83	93	94
1981	0,535	247	326	423	180	143	229	206

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1982	0,651	198	244	337	155	164	158	128
1983	0,319	184	374	508	226	170	188	197
1984	0,548	240	297	443	183	141	170	167
1985	0,757	321	221	333	193	134	86	92
1986	0,176	205	405	551	204	226	263	239
1987	0,819	267	232	319	128	142	124	115
1988	0,835	355	171	289	161	52	86	86
1989	0,669	311	279	380	194	135	178	166
1990	0,768	301	210	362	161	98	122	133
1991	0,632	266	288	407	147	119	193	191
1992	0,614	266	281	432	154	197	190	159
1993	0,840	310	214	294	113	123	123	107
1994	0,371	222	352	487	93	263	223	186
1995	0,616	262	315	418	182	112	190	190
1996	0,544	328	349	421	148	90	264	232
1997	0,937	476	77	124	146	0	6	12
1998	0,371	196	340	462	154	202	185	168
1999	0,509	318	301	413	135	101	168	190
2000	0,717	326	263	391	200	86	134	123
2001	0,544	272	294	408	118	230	196	167
2002	0,449	361	347	452	239	39	224	227
2003	0,498	226	317	459	287	147	141	189
2004	0,958	544	22	83	104	6	0	4
2005	0,458	227	292	440	198	225	131	114
2006	0,555	253	300	422	134	176	213	194
2007	0,097	201	446	625	297	203	281	247
2008	0,481	331	331	435	88	219	228	200
2009	0,206	212	377	515	223	133	271	253
2010	0,393	271	326	457	148	263	145	98
2011	0,613	263	257	378	202	168	97	88
2012	0,382	322	373	504	199	73	238	241
2013	0,354	193	377	486	213	104	208	211

## Додаток Б

Таблиця Б.1 Режим зрошення сівозміни у 25%-вий рік за природним зволоженням

Пшениця озима			Кукурудза на зерно (середньостигла)			Кукурудза на з/к (пожнивно)		
№ поливу	Середня дата	m, мм	№ поливу	Середня дата	m, мм	№полива	Дата	m,мм
В	1.09	60	1	28.07	30	П	15.07	40
1	26.04	30	2	1.08	30	1	11.08	30
2	4.05	30	3	9.08	30	2	20.08	30
3	27.05	30	4	12.08	30	3	20.08	30
4	7.06	30	5	23.08	30			
M=180 мм, SE=250 мм, d <sub>max</sub> =31 м <sup>3</sup> /га			M=150 мм, SE=310 мм, d <sub>max</sub> =36 м <sup>3</sup> /га			M=130 мм, SE=197 мм, d <sub>max</sub> =31 м <sup>3</sup> /га		
Соняшник			Люцерна минулих років на з/к (сіно)			Люцерна під покров ярого ячменю		
1	15.07	30	1	19.05	45	1	26.05	30
2	27.07	0	2	1.06	45	2	3.06	30
3	5.08	30	3	7.06	45	3	14.07	30
4	13.08	30	4	29.07	45	4	25.07	30
M=120 мм, SE=280 мм, d <sub>max</sub> =36 м <sup>3</sup> /га			5	1.08	45	5	0.08	30
			6	8.08	45	6	7.08	30
			7	22.08	45	7	13.08	30
			8	29.08	45	8	24.08	30
			M=360 мм SE=579 мм d <sub>max</sub> =49 м <sup>3</sup> /га			M=240 мм SE=465 мм d <sub>max</sub> =44 м <sup>3</sup> /га		

Примітка: M - зрошувальна норма, мм; SE - сумарне водоспоживання за вегетацію, мм; d<sub>max</sub> - максимальний середньодобовий дефіцит водоспоживання, м<sup>3</sup>/га