

Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський

ГІДРОЛОГІЧНА ДІЯ ЗАКРИТОГО ДРЕНАЖУ

Монографія

Івано-Франківськ
«НАІР»
2025

УДК 631.62
ББК 40.63
С19

Рекомендовано до друку науково-технічною радою ТОВ „Український головний проектно-розвідувальний та науково-дослідний інститут з меліоративного і водогосподарського будівництва”.

Протокол № 1 від 20 лютого 2025 р.

Рецензенти:

Кожушко Л.Ф., доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України;

Турченко В.О., доктор технічних наук, професор;

Величко С.В., кандидат технічних наук, доцент.

Сапсай Г.І., Бадинський Л.О.

С19 Гідрологічна дія закритого дренажу: Монографія. – Івано-Франківськ: НАІР, 2025. – 152 с.

ISBN 978-617-8768-01-0

У монографії приводиться аналіз результатів більше ніж 30-и річних досліджень дії закритого дренажу в мінеральних ґрунтах Волинського Полісся України.

Наведені дані щодо впливу змін ступеня дренажу на гідротермічний режим ґрунту та ефективність використання осушуваних земель.

Рекомендуються методики розрахунку відстаней між дренами та оцінки дії дренажних систем в умовах їх довготривалої експлуатації.

Розрахована на спеціалістів наукових установ, проектних та експлуатаційних організацій, насамперед у галузі водного господарства, а також галузях сільського господарства та охорони навколишнього середовища. Може бути використана викладачами, науковими співробітниками, аспірантами і студентами вищих навчальних закладів.

УДК 631.62
ББК 40.63

ISBN 978-617-8768-01-0

© Сапсай Г.І., Бадинський Л.О., 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
1. ПРОБЛЕМА ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ.....	7
1.1. Технічний стан дренажних систем Волинського Полісся України.....	7
1.2. Методи та методики оцінювання дії дренажних систем.....	13
1.3. Оцінка дії дренажу через вивчення впливу його параметрів на водний та температурний режими мінерального ґрунту.....	17
2. МЕТОДИКА, ОБ'ЄКТ І УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Мета проведення досліджень.....	25
2.2. Методика досліджень.....	25
2.2.1. Спостереження за температурою повітря та ґрунту.....	25
2.2.2. Спостереження за водним режимом ґрунту.....	26
2.2.3. Визначення водно-фізичних властивостей ґрунту.....	27
2.3. Геолого-гідрогеологічні, геоморфологічні та ґрунтові умови району досліджень.....	28
2.4. Характеристика об'єкту дослідження.....	33
2.5. Схема досліджень.....	39
2.6. Кліматична характеристика району досліджень.....	41
3. ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ ЗМІНИ ЇЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ.....	43
3.1. Теоретичне обґрунтування впливу меліоративної системи на режими та властивості дренажних ґрунтів.....	43
3.2. Методологія оцінки дії дренажної системи при зміні її технічного стану	46
4. ВПЛИВ СТУПЕНЯ ДРЕНУВАННЯ НА ГІДРОТЕРМІЧНИЙ РЕЖИМ ДРЕНОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ҐРУНТІВ.....	56
4.1. Оцінка ефективності використання дренажних мінеральних ґрунтів Волинського Полісся України.....	56
4.2. Водний режим дренажних мінеральних ґрунтів Волинського Полісся України.....	59
4.3. Вплив ступеня дренажу на температурний режим дренажних ґрунтів.....	77
5. ВПЛИВ СТУПЕНЯ ДРЕНУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	87
5.1. Вплив перезволоження ґрунту до початку вегетації на врожайність сільськогосподарських культур.....	87
5.2. Вплив ступеня дренажу на врожайність сільськогосподарських культур.....	90
5.3. Економічна ефективність вкладання коштів у повну реконструкцію дренажної системи.....	94
5.3.1. Визначення капітальних вкладень у повну реконструкцію дренажної системи.....	94
5.3.2. Визначення показників економічної ефективності капітальних	

вкладень у повну реконструкцію дренажної системи.....	97
6. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ ВІДСТАНЕЙ МІЖ ДРЕНАМИ.....	106
6.1. Методика розрахунку відстаней між дренами.....	106
6.2. Оцінка точності методики, що рекомендується.....	116
7. ЗАХОДИ З РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ.....	121
7.1. Зміна сільськогосподарського використання земель при зміні технічного стану дренажної системи.....	121
7.2. Глибоке розпушення ґрунту.....	124
7.3. Методика оцінки дії дренажних систем.....	127
ПІСЛЯМОВА.....	133
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	136

ПЕРЕДМОВА

Майже 70% меліоративного фонду земель північних та західних областей України складають мінеральні ґрунти періодичного надмірного зволоження.

Продуктивність таких ґрунтів без осушувальних меліорацій дуже низька: 10...12 ц/га – зернових, 50...60 ц/га – картоплі, 80...130 ц/га – кормових коренеплодів, 10...15 ц/га – багаторічних трав, а у роки з великою кількістю атмосферних опадів значна частина угідь фактично виходить з сільськогосподарського виробництва внаслідок перезволоження. У зв'язку з цим у 60-ті – 80-ті роки в Україні були збудовані осушувальні системи на площі 3,1 млн. га.

Біля 20 % загальної площі осушення земель країни припадає на Волинське Полісся, що є одним з найбільш зволених регіонів України.

За своєю конструкцією гідромеліоративні системи в зоні осушення достатньо досконалі, для них характерна значна інженерна насиченість. Регулююча мережа на них представлена, в основному, закритим матеріальним дренажем, задачами якого є забезпечення необхідного водного режиму ґрунту в посівний і вегетаційний періоди та створення умов для механізованої обробки ґрунту.

Однак потенційні можливості меліорованих земель в останні роки використовуються не в повній мірі.

Основною причиною цього є те, що технічний стан дренажних систем погіршується внаслідок невиконання необхідного комплексу експлуатаційних заходів на внутрішньогосподарській мережі при тривалій її роботі. В результаті, спостерігається малокерований гідротермічний режим ґрунту, знижується врожайність сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим у книзі розглядаються питання гідрологічної дії закритого дренажу при зміні ступеня дренивання ґрунтів: дренажний стік, тривалість перезволоження, вологість, температурний режим, урожайність сільськогосподарських культур, а також методики розрахунку відстаней між дренами та оцінки дії дренажних систем в умовах їх тривалої експлуатації.

На даний час існує декілька методик оцінки дії закритих дренажних систем. В їх основу покладено співвідношення між фактичними та проектними показниками водного режиму: дренажний стік, тривалість перезволоження

кореневмісного шару ґрунту. Такі методики, без сумніву, дають можливість оцінити тенденції ефективності водовідведення. Разом з тим, не дозволяють кількісно оцінити показники роботи дренажу в системі **інтенсивність осушення – гідротермічний режим ґрунту – урожайність сільськогосподарських культур – ефективність меліорацій** і прийняти рішення щодо заходів з поліпшення стану регулюючої мережі з метою покращення техніко-економічних показників використання сільськогосподарських угідь.

Багаторічні польові дослідження гідрологічної дії дренажу проводилися на дослідних ділянках, розташованих у межах гідромеліоративної системи “Печалівка”, яка є типовою для Волинського Полісся України.

Ця книга є новою редакцією та продовженням монографії, опублікованої в 2013 році “Гідрологічна дія закритого дренажу при зміні його технічного стану”.

Закладання дослідних ділянок було здійснено за методичним керівництвом відомих учених професорів А.М. Янголя, С.Т. Вознюка, Г.С. Потоцького та П.К. Кузьмича.

Автори висловлюють вдячність професорам Л.Ф. Кожушку, В.О. Турченюку та доценту С.В. Величко за цінні зауваження та рекомендації, надані при рецензуванні рукопису.

1. ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

1.1. Технічний стан дренажних систем Волинського Полісся України

У сучасних умовах сільськогосподарські гідротехнічні меліорації є одним із найважливіших чинників інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Однак на даний час при функціонуванні осушувальних систем існує ряд проблем:

1. Меліоративні системи були збудовані для великих господарств, тому і водорегулювання на них запроектоване для чималих масивів. Після розпаювання меліорованих земель постала проблема регулювання водного режиму на невеликих наділах, окремо для кожного землекористувача.

2. Відбувається зниження рівня експлуатації меліоративних систем та погіршення стану осушуваних угідь. На меліоративних системах, побудованих 30...40 років тому, продуктивність сільськогосподарських земель знизилася на 25...50 % проти проектної.

Зниження ефективності використання меліорованих земель та їхньої ролі в сільськогосподарському виробництві за останнє десятиріччя є наслідком економічної кризи, що охопила всі галузі народного господарства. Сьогодні економічні та екологічні проблеми гідромеліорації набувають особливої актуальності.

На думку В.М. Трегобчука [192], недоліки в будівництві та експлуатації меліоративних систем (МС), використанні водних і земельних ресурсів зумовлюють певні питання щодо економічної ефективності та екологічної доцільності гідромеліоративних заходів.

Проте, незважаючи на окремі недоліки, меліорація земель є єдиним шляхом подальшого зростання продовольчого фонду.

У цьому контексті саме гідротехнічні меліорації забезпечують покращання ґрунтів, відрізняються довготривалою дією та створюють передумови для включення в оборот нових земельних ділянок. Саме при застосуванні гідромеліорацій створюються реальні передумови для сталого ведення сільськогосподарського виробництва, отримання проектних урожаїв і досягнення високих економічних показників [192].

Отже, розвиток меліорації земель визначається потребами суспільства в продукції землеробства, збільшення якої в умовах України можливе лише через інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва, включаючи меліоративне освоєння перезволожених земель.

Гідромеліоративна галузь, як самостійна, сформувалась в Україні за останні 40–50 років і знаходиться на перетині сфер природокористування, сільського господарства та гідромеліоративного будівництва [198]. Найінтенсивнішим розвиток меліорації в Україні був упродовж 1966–1990 р.р., проте з 1991 року зменшились державні капітальні вкладення у водне господарство загалом, а в меліоративне будівництво особливо. Сьогодні меліоративні системи, збудовані раніше, потребують реконструкції або

поліпшення технічного стану окремих їх елементів.

Реконструкція меліоративної системи – це комплекс заходів, спрямованих на підвищення технічного рівня діючих систем з метою збільшення ефективності використання природних ресурсів шляхом зміни конструкцій і основних параметрів системи та її елементів [56, 75, 107, 184]. Отже, реконструкція діючих систем містить комплексне переобладнання з урахуванням досягнень науково-технічного прогресу.

Водночас, вона не завжди може забезпечити бажаний еколого-економічний ефект, адже потрібне: раціональне використання водних та земельних ресурсів, збільшення надійності меліоративної мережі, зниження експлуатаційних витрат, покращення рівня агротехнічних заходів, забезпечення виробництва технікою, кадрами, необхідними ресурсами тощо.

Вартість реконструкції меліоративних систем на 20...30 % дешевша ніж нове будівництво, та спричинює зростання продуктивності земель на 25...40 % [196], але чи є це економічно доцільним? У галузевій програмі “Водне господарство – 2010” зазначено, що головним стратегічним напрямком Програми меліорації земель буде всеохоплююча реконструкція і удосконалення існуючих систем [28]. Адже однією з причин, що призводить до екологічних та економічних проблем, є недосконалість технологічних процесів сучасного виробництва.

Комплексною програмою розвитку меліорації земель і поліпшення екологічного стану зрошуваних та осушених угідь було передбачено до 2010 року провести реконструкцію меліоративних систем, що перебувають у незадовільному технічному стані, але не втратили свого потенціалу, на площі 180 тис. га осушених земель [83]. Проте на даний час жодної системи реконструйовано не було.

Враховуючи кризовий стан економіки, відсутність достатніх інвестицій та посилення екологічних вимог, фахівці прогнозують різке скорочення або повне припинення нового меліоративного будівництва у найближчі 5–10 років [72]. Розширення площ осушуваних земель може мати локальний характер за рахунок коштів окремих землекористувачів (фермерів, колективних сільськогосподарських підприємств, асоціацій тощо).

За результатами спостережень, Б.І. Козловський [82] провів оцінку меліоративного стану земель західних областей України. Встановлено, що готовність осушуваних площ до весняно-польових робіт у вологі роки становить 70,7 % від площ, на яких проведені спостереження, в середні – 87,5 % і в посушливі – 95,8 %. Однак, в окремих районах Тернопільської, Волинської і Львівської областей у вологі роки незадовільний водний режим ґрунтів спостерігається відповідно на 50 %, 44 % і 42,6 % осушуваних земель. Досить значні ці показники і для середніх по водності років – 22,7 %, 28,5 % і 12,5 %. На окремих осушувальних системах доля площ з незадовільним станом ще вища. Так, у вологі роки надлишкове перезволоження на системі “Стрипа” спостерігалось на 85 % площі, Горинській осушувальній системі – 87 %, а Березнівська система і “Стубелка” були повністю перезволожені.

Ці ж спостереження дозволили виявити вплив способів осушення на

формування водного режиму осушених ґрунтів. Так, на системах з відкритою мережею площі з недостатньою нормою осушення у вологі роки досягають в середньому 46,2 %, а на закритих дренажних системах – 12,4 %.

При реформуванні аграрного сектора економіки та впровадженні різних форм власності на землю меліоровані угіддя залишилися поза увагою. Вони практично стали безгосподарними, тому що інженерна основа меліоративних систем – внутрішньогосподарська мережа, яка знаходилася на балансі колишніх господарств (колгоспів і радгоспів) зараз фактично не має власника. Недержавна гідромеліоративна мережа з гідропорудами не була включена до складу майнового паю і в більшості випадків залишилася без належного догляду. На системах не виконуються необхідні обсяги ремонтно-експлуатаційних робіт та агромеліоративних заходів. На осушуваних землях збільшилися площі під малопродуктивними сіножатями і пасовищами. Ці угіддя заростають бур'янами та чагарниками і практично не використовуються у сільськогосподарському виробництві [119].

Об'єкти інженерної інфраструктури, як міжгосподарського так і внутрішньогосподарського значення, в умовах, що склалися, не завжди здатні забезпечити проектний режим роботи систем, водоподачу та водовідведення. За даними гідрогеолого-меліоративної служби на осушуваних землях за минулі 20 років спостерігається тенденція до погіршення меліоративного стану певної території. В останні роки відбувається погіршення технічного стану водоприймачів, магістральних та провідних каналів у зв'язку з невиконанням механізованих робіт з їхнього очищення від замулення. Орієнтовна потреба в обсягах земляних робіт з очищення відкритої мережі міжгосподарського значення складає 18...19 млн. м³ [119].

Переважає більшість земель, що потребують проведення реконструкції осушувальної мережі, розташована у Рівненській (43,3 тис. га) та Волинській (36,7 тис. га) областях [119].

Площі осушуваних угідь, на яких необхідно провести заходи з реконструкції (відновлення) осушувальної мережі, ремонту колекторно-дренажної мережі, агротехнічних, культуртехнічних робіт та хімічної меліорації, мають тенденцію до збільшення, що пояснюється “старінням” осушувальних систем та недостатнім виконанням обсягів робіт з капітального і поточного ремонтів інженерної інфраструктури меліоративних систем, агромеліоративного поліпшення цих земель [119].

За даними Волинського та Рівненського обласних управлінь водного господарства [135, 136], проведено оцінку меліоративного стану осушуваних сільськогосподарських угідь на території Волинського Полісся України та запропоновано ряд заходів з його поліпшення (табл. 1.1, 1.2).

Встановлено, що 36 % осушуваних земель Волинського Полісся України мають сприятливий меліоративний стан, 50 % – задовільний та 14 % – незадовільний. Дренажні системи із задовільним меліоративним станом здебільшого доцільно називати системами “з умовно задовільним станом”, які можуть збільшити площу осушуваних земель із незадовільним станом у 3–4 рази.

**Оцінка меліоративного стану осушуваних сільськогосподарських угідь у Волинській області
на території Волинського Полісся України [135]**

Райони	Наявність осушуваних земель, га	Розподіл осушуваних земель за меліоративним станом, га				Реконструкція осушувальної мережі, га	
		сприятливий	задовільний	незадовільний, всього	у тому числі:		
					через близький РТВ		через РТВ + строки відведення вод
Володимир-Волинський	19688	8218	10125	1345	283	1062	1345
Камінь-Каширський	33534	11579	16135	5820	2319	3501	5820
Ківерцівський	21094	10151	9826	1117	241	876	1107
Ковельський	43922	17074	22893	3955	1914	2041	3955
Локачинський	3795	1445	2047	303	101	202	303
Луцький	4550	1741	2644	165	81	84	165
Любешівський	23560	7420	9215	6925	4088	2837	6925
Любомльський	28066	10871	13020	4175	1586	2589	4175
Маневицький	26605	9006	14842	2757	2420	337	2757
Ратнівський	39240	14135	19240	5865	3010	2855	5865
Рожищенський	28498	12699	13037	2762	829	1933	2726
Старовижівський	26025	10465	13300	2260	1218	1042	2260
Турійський	28583	10840	15768	1975	1682	293	1975
Шацький	9951	3186	5903	862	517	345	862
Всього по Волинській області	337111	128830	167995	40286	20289	19997	40240

Таблиця 1.2

**Оцінка меліоративного стану осушуваних сільськогосподарських угідь у Рівненській області
на території Волинського Полісся України [136]**

Райони	Наявність осушуваних земель, га	Розподіл осушуваних земель за меліоративним станом, га					Реконструкція осушувальної мережі, га
		сприятливий	задовільний	незадовільний, всього	у тому числі:		
					через близький РТВ	через РТВ + строки відведення вод	
Березнівський	22478	3308	16529	2641	2515	126	2276
Володимирецький	30568	9511	14208	6849	6849	-	4800
Гошанський	2766	688	1974	104	104	-	104
Дубровицький	26946	10191	14118	2637	2637	-	1901
Зарічненський	30273	21681	3245	5347	5347	-	4767
Корецький	11327	2731	8122	474	474	-	474
Костопільський	38178	6212	27505	4461	3102	1359	2604
Рівненський	1874	438	957	479	410	70	410
Рокитнівський	6198	3006	2444	748	350	398	350
Сарненський	29487	7566	12660	9262	4520	3266	5787
Всього по Рівненській області	200096	65331	101762	33003	26308	5218	23473
Всього по Волинському Поліссі України	537207	194161	269757	73289	46597	25215	63713

Отже, загальна кількість систем, що мають певні проблеми і потребують покращення технічного стану, становить 64 % (до рівня сприятливого).

Багато дослідників підтверджують загалом той факт, що сучасний стан дренажних систем в умовах довготривалої їхньої експлуатації вказує на необхідність його поліпшення [4, 36, 37, 39, 54, 55, 80, 81, 82, 90, 117, 178, 181].

За основними елементами виходу із ладу дренажних систем А.Є. Вакар виділяє три групи: 1) незадовільна робота закритих дренажних систем; 2) незадовільна організація відводу поверхневих вод; 3) незадовільна робота відкритої мережі.

Основними причинами у кожній із груп є наступні: щодо дренажу – замулення дренажних ліній і гирл (до 78 %), щодо відводу поверхневих вод – відсутність колодязів-поглиначів, фільтрів і воронок (до 54 %); щодо відкритої мережі – замулення, розмив і руйнування відкритих каналів (до 50 %) [55].

За даними К. Алеканда і Х. Каска для умов роботи дренажу в Естонії, закупорка гирл становить 23 %, а повне замулення дренажних ліній – 31 % від усіх обстежень. Також спостерігається відсутність захисту стиків фільтруючими матеріалами (до 61 %) і неякісна укладка труб (до 15 %). Водночас є значні пошкодження з'єднань дренажних ліній (23 %), неякісний захист стиків труб (15 %), зворотні недопустимі похили дренажних ліній (32 %) [4].

С.В. Грицан, Г.І. Сапсай та М.О. Лазарчук у результаті досліджень, проведених шляхом розкопок дренажу на Волинському Поліссі України [37], встановили, що замулення дренажних ліній на піщаних ґрунтах при низьких концентраціях закисного заліза (Fe^{2+}) в ґрунтових водах відбувається лише за рахунок механічних частинок ґрунту. При обстеженні 45 дренажних ліній замулення порожнин трубок виявлено в 15 випадках, в інших – тільки незначні відкладання мулу. Ступінь замулення дренажних трубок становив від зовсім незначної величини (порядку десятих %) до 15 % від площі внутрішнього перетину трубки, що не може істотно вплинути на роботу дренажу.

Отже, стійкість роботи осушувальних систем залежить від багатьох чинників, тому при їх проектуванні, будівництві та експлуатації необхідно ретельно враховувати природні умови, якість і достовірність використовуваних матеріалів, гідравлічні і фільтраційні умови роботи системи [36].

В умовах Литви Л. Каткявичюс, Л. Кинчюс, А. Поцене, В. Гуркліс та С. Тамошаускас [61] розглянули результати оцінки технічного стану меліоративних систем і споруд, які показали недоліки їхньої експлуатації, особливо магістральних каналів. Так, в незадовільному стані зафіксовано 220153 га (8,5 %) осушених земель, 27776 км (54,7 %) магістральних каналів, 38...54 % інших споруд. Вчені Литви у своїх працях [61, 216, 236] вказують на наступні причини незадовільної дії меліоративних систем: 1) осушені землі заросли лісом і кущами; 2) осушені землі засаджені лісом; 3) площі заболочені через різні дефекти дренажних систем; 4) руйнування колекторів дренажних систем; 5) осушувані землі перетворились на болото.

У своїй роботі Л.В. Кузьмич [90], дослідивши вплив різних природних та штучних факторів на надійність елементів осушувальних систем і вивчивши причини виникнення характерних пошкоджень та відмов, встановила, що

конструкційні причини пошкоджень і відмов елементів осушувальних систем становлять 34 %, виробничі – 26 % та експлуатаційні – 40 % від їхнього загального числа. Автором розроблена функціональна модель надійності закритого дренажу, яка представлена у вигляді гідравлічної моделі об'єкта збирання, транспортування і відведення надлишкових вод – модуля проточного тракту, що містить: вхід у дренаж – дренажну лінію – дренажний колодязь – гирлову споруду. При цьому приймається, що елементи модуля проточного тракту з'єднані послідовно, а приплив води до дренажу – за паралельною схемою з'єднання елементів.

На основі проведених досліджень на території Волинського Полісся України автор встановила [90], що зниження надійності дренажного колодязя і його відмова виникає при замуленні колодязя дренажним стоком наносів, засипанні колодязя ґрунтом зворотної засипки після механічних пошкоджень елементів та втраті збереженості споруди, а також при засміченні.

Таким чином, проаналізувавши питання стану дренажних систем при довготривалій експлуатації, можна стверджувати, що відбувається зміна їхнього технічного стану, переважно в бік погіршення.

1.2. Методи та методики оцінювання дії дренажних систем

Для оцінки технічного стану дренажу існують різні методики [90,112, 183].

Зокрема, Т.І. Даїшев [183] вказує, що достатньо зручним для практичного використання є гідрологічні критерії оцінки стану осушувальних систем: тривалість відведення поверхневих вод; строки звільнення орного шару від гравітаційної води; глибина залягання рівня ґрунтових вод (РГВ) у різні періоди; співвідношення дослідних модулів стоку з розрахунковим, із пропускнуою здатністю відкритої мережі каналів.

Меліоративний стан осушувальних систем оцінюється залежно від строків відведення поверхневих вод і звільнення орного (0...30 см) шару від гравітаційної води у вегетаційний період (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Меліоративний стан осушувальних систем за строками відведення надлишкових вод у вегетаційний період [183]

Сільськогосподарське використання	Меліоративний стан			
	добрий	задовільний	незадовільний	вкрай незадовільний
овочева та овочево-кормова сівозміна	$\frac{> 0,5}{> 1}$	$\frac{0,5...1}{1...2}$	$\frac{2...3}{3...5}$	$\frac{> 3}{> 5}$
польова та кормова сівозміна, пасовище	$\frac{> 1}{> 2}$	$\frac{1...2}{2...3}$	$\frac{3...5}{4...7}$	$\frac{> 5}{> 7}$
Сінокоси	$\frac{> 1}{> 3}$	$\frac{1...2}{3...5}$	$\frac{3...5}{6...10}$	$\frac{> 5}{> 10}$

Примітка. В чисельнику – тривалість відведення поверхневої, в знаменнику – ґрунтової води із орного (0...30 см) шару, діб.

Тривалість відведення поверхневих вод визначають шляхом щоденного

візуального картування їхнього скупчення на поверхні дослідної ділянки після випадання значних опадів (більше 15 мм/добу).

Строки відведення гравітаційної води із орного шару встановлюють за даними спостережень за рівнем ґрунтової води (РГВ) [183]. Стан осушувальних систем при ґрунтовому і ґрунтово-напірному типах водного живлення можна визначити залежно від середньої за період (передпосівно-посівний, вегетаційний і збиральний) глибини залягання рівня ґрунтових вод у багатоводні роки (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Меліоративний стан осушувальних систем залежно від середньої глибини залягання рівня ґрунтових вод [183]

Сільськогосподарське використання	Період	Меліоративний стан			
		добрий	задовільний	незадовільний	вкрай незадовільний
овочева та овочево-кормова сівозміна	передпосівно-посівний	0,5...0,6	0,4...0,5	0,3...0,4	>0,3
польова та кормова сівозміна, пасовище	вегетаційний і збиральний	1,0...1,3	0,8...1,1	0,6...0,7	>0,6
	передпосівно-посівний	0,5...0,6	0,4...0,5	0,3...0,4	>0,3
Сінокоси	вегетаційний і збиральний	0,8...1,0	0,7...0,9	0,5...0,6	>0,5
	передпосівно-посівний	0,4...0,5	0,3...0,4	0,1...0,2	>0,1
	вегетаційний і збиральний	0,6...0,8	0,4...0,6	0,3...0,4	>0,3

Примітка. Менші значення РГВ відповідають мінеральним ґрунтам, більші – торфовим, м.

Для характеристики дії дренажних систем визначають тривалість стоку на кожній із систем, об'єм стоку за окремі сезони, критичні періоди, а також максимальний і середній модулі стоку.

Ефективність роботи закритого дренажу оцінюють за відношенням модулів дренажного стоку з дослідної й еталонної осушувальних систем (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Оцінка ефективності роботи закритого дренажу за модулем дренажного стоку [183]

Характеристика ефективності роботи дренажу	Відношення модулів дренажного стоку з дослідної q_o і розрахункової q_p осушувальних систем
добрий	$q_o/q_p \geq 1$
задовільний	$1 > q_o/q_p \geq 0,6$
незадовільний	$0,6 > q_o/q_p \geq 0,3$
вкрай незадовільний	$q_o/q_p \leq 0,3$

Наведений в табл. 1.5 метод оцінки виконується для найбільш напружених періодів роботи дренажу при надходженні РГВ в шарі 0...50 см. При цьому порівнюють модулі дренажного стоку для декількох (3...5) значень РГВ і визначають середнє співвідношення q_o/q_p .

На основі аналізу даних, що характеризують водопонижуючу і водовідвідну дію дрен, можна визначити системи, що працюють незадовільно. Вони мають незначний стік, низьку швидкість пониження рівня ґрунтових вод і найбільш тривалий період стояння ґрунтових вод у верхньому півметровому шарі. Таким системам потрібно приділити особливу увагу: виявити існуючі неполадки і провести роботи щодо їхнього усунення.

В.Є. Алексієвський та інші вчені [149] вказують, що технічний стан осушувальної системи (T_c) визначає її можливість забезпечувати найбільш важливу функцію – підтримку оптимальної вологості кореневмісного шару ґрунту в проектному режимі. Оцінка виконується за двома складовими:

- 1) ступінь відхилення від проекту гідромеліоративної системи;
- 2) технічна несправність меліоративної системи.

Ступінь відхилення показників роботи гідромеліоративної системи від проектних (A_T) визначається як відношення кількості фактично існуючих її елементів до передбачених проектом [149]. Значення A_T розраховується за формулою

$$A_T = \frac{A_{T1} + A_{T2} + \dots + A_{TK}}{K}, \quad (1.1)$$

де $A_{T1}, A_{T2}, \dots, A_{TK}$ – показники відхилення окремих елементів гідромеліоративної системи від проекту, %;

K – кількість оцінених елементів системи, шт.

Показник технічної несправності гідромеліоративної системи (B_T) автори визначають як відношення кількості технічно справних елементів до їхньої загальної кількості за формулою [149]

$$B_T = \frac{B_{T1} + B_{T2} + \dots + B_{TK}}{K}, \quad (1.2)$$

де $B_{T1...K}$ – показник несправності кожного елементу системи, %;

K – кількість оцінених елементів системи, шт.

Загальний показник технічного стану гідромеліоративної системи (T_c) визначається як середнє між показниками A_T і B_T :

$$T_c = \frac{A_T + B_T}{2}. \quad (1.3)$$

І як результат значення T_c за отриманими показниками оцінюється відповідно до прийнятої шкали:

- більше 75 % – стан добрий;
- 75...50 % – стан задовільний;
- менше 50 % – стан незадовільний.

За П.І. Коваленком [112], оцінку технічного стану осушувальної системи та її основних елементів рекомендується здійснювати за відносними показниками ступеню зношеності, пропускної здатності каналів, гідротехнічних споруд, справності дренажно-колекторної мережі шляхом проведення натурних обстежень.

Відносний показник зношеності Π_z окремих об'єктів меліоративної системи визначається за формулою

$$\Pi_z = 1 - \frac{A \cdot n}{100}, \quad (1.4)$$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення, %;

n – термін експлуатації, років.

При $\Pi_z \leq 0$ на системі необхідно проводити реконструкцію або модернізацію, а при $\Pi_z > 0$ – капітальний або поточний ремонт.

Відносний показник пропускної здатності каналів та гідротехнічних споруд визначається як відношення фактичної пропускної здатності до проектної (базової) величини за формулою

$$q = \frac{Q_\phi}{Q_{np}}, \quad (1.5)$$

де Q_ϕ – фактична пропускна здатність, м³/с;

Q_{np} – проектна (базова) здатність, м³/с.

Відносний показник справності дренажно-колекторної мережі визначається за залежністю

$$q_{др.м} = \frac{F_\phi}{F_{np}}, \quad (1.6)$$

де F_ϕ – площа справної дренажно-колекторної мережі, га;

F_{np} – проектна площа дренажно-колекторної мережі, га.

Меліоративну ефективність роботи закритого дренажу рекомендується оцінювати за співвідношенням фактичного модуля дренажного стоку до проектної величини (або модуля дренажного стоку на еталонному об'єкті).

При цьому необхідно порівняти модулі дренажного стоку для декількох значень рівня ґрунтових вод, на основі яких визначається їхнє середньоарифметичне значення.

Еталонний модуль дренажного стоку рекомендується визначати за даними режимних спостережень на 2-3 ділянках меліоративної системи, яку планується модернізувати чи реконструювати (табл. 1.6, 1.7).

Таблиця 1.6

Визначення модуля дренажного стоку [112]

Положення рівня ґрунтових вод від поверхні землі, <i>м</i>	Модуль дренажного стоку, <i>л/с з 1 га</i>		Показник модуля стоку $\frac{q_o}{q_e}$
	на ділянці обстеження, q_o	на еталонній ділянці, q_e	
0,5			
1,0			
1,5			

Таблиця 1.7

Оцінка ефективності роботи закритого дренажу за показником модуля стоку [112]

Показник модуля стоку	Рівень ефективності роботи дренажної мережі			
	добрий	задовільний	незадовільний	критичний
$\frac{q_o}{q_e}$	$\geq 1,0$	0,6...1,0	0,3...0,6	< 0,3

Однак, наведені в літературних джерелах методики оцінки дії дренажу встановлюють лише співвідношення модулів дренажного стоку з дослідної і розрахункової осушувальних систем, але не дають змоги кількісно оцінити вплив змін технічного стану дренажних систем на водний і температурний режими ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур.

1.3. Оцінка дії дренажу через вивчення впливу його параметрів на водний та температурний режими мінерального ґрунту

Основним завданням спостережень за меліоративним станом осушуваних земель є оцінка водного режиму меліорованих земель порівняно з оптимальним режимом по вологості ґрунту, рівням ґрунтових вод і стоку в різні періоди роботи системи, а також оцінка стану та облік продуктивності вирощуваних сільськогосподарських культур.

При погіршенні технічного стану дренажних систем погіршуються й показники водного і температурного режимів ґрунту. Це призводить до того, що дренажна система з проектними параметрами забезпечує водовідведення як система з іншими параметрами, тобто з більшими відстанями між дренами.

Дослідженням водного і температурного режимів, технологій водорегулювання та розрахунком конструкцій гідромеліоративних систем у зоні осушувальних меліорацій України займалися О.М. Костяков, А.М. Янголь, Г.С. Потоцький, О.В. Скрипник, М.О. Лазарчук, А.М. Рокочинський, М.О. Клименко, Б.І. Козловський, В.П. Кубишкін, А.В. Черенков, В.П. Востріков та інші [25, 66, 67, 81, 89, 92, 127, 133, 147, 163,

178, 203, 212], що дало змогу створити методичну базу для переходу на оптимізаційні засади обґрунтування проектних рішень.

Відомо, що різну інтенсивність осушення зумовлюють такі параметри дренажу, як відстань між дренами та глибина їх закладання.

Розглядаючи вплив осушення на формування гідротермічного режиму ґрунту, необхідно чітко визначити, наскільки той чи інший параметр дренажу покращує водний та температурний режими.

Основними характеристиками водного режиму є: дренажний стік, рівень ґрунтових вод і ґрунтова волога. На водний режим ґрунту значною мірою впливають параметри регулюючої мережі. Іншими словами, правильний вибір параметрів дренажу є одним із найважливіших завдань щодо забезпечення потрібного водного режиму ґрунтів, а відповідно і ефективності меліорацій.

Надлишкова гравітаційна вода, що рухається до дрени під дією градієнту напору, відводиться у вигляді дренажного стоку. Дренажний стік є одним із трьох основних показників гідрологічної дії дренажу і другим за значенням витратним елементом водного балансу дренажних ґрунтів.

Щодо впливу параметрів дренажу на дренажний стік накопичений значний матеріал спостережень, які проведені в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Питанням вивчення дренажного стоку займалось ряд вчених як в Україні, так і за її межами. На території Прикарпаття і Полісся України слід відмітити роботи А.М. Янголя [212], Г.І. Сапсая [167, 169], З.О. Забачиної [47], Н.В. Євдокимової [44], П.С. Багнака [44], В.Ф. Московченка [113], С.М. Перехреста [140], В.О. Поздіна [142], А.І. Тишенка [195]; північного заходу Росії – Х.А. Писарькова [141], І.М. Кривоносова [87], І.М. Нестеренка [123]; Білорусі – Ш.І. Брусиловського [16], Є.М. Козлова [16, 78], А.Н. Леушева [96], О.І. Климка [68], Ю.О. Канцибера [63, 68]; Прибалтики – Ц.М. Шкінкіс [207], Р.А. Тумаса [194], Х.А. Смілгі [180], Л. Ламсодіса [93], О.І. Івицького [57], В.Г. Бузинного та ін. Всі автори підтверджують загалом закономірність підсилення водовідвідної дії дренажу при зменшенні відстані між дренами та збільшенні глибини їх закладання.

Аналіз даних А.І. Богдановича, Ш.І. Брусиловського, А.У. Рудого, О.І. Климка, Е.М. Козлова, С.М. Перехреста та ін. [16, 68, 140, 165] щодо об'єму дренажного стоку і його розподілу дозволив встановити, що основним недоліком тут є відсутність тривалих рядів спостережень у традиційних зонах меліорації, за винятком Латвії (Ц.М. Шкінкіс) і Литви та Полісся України (В.Ф. Московченко). Це обмежує можливість отримання розрахункових характеристик дренажного стоку.

Як зазначає Ц.М. Шкінкіс [207], зменшення відстаней між дренами (E) від 20 до 14 м на Кокнеській дослідній ділянці призвело до збільшення річного об'єму дренажного стоку з 166 до 204 мм, тобто на 23 %, а на Кандавській ділянці при зменшенні E з 30 до 14 м стік збільшується в 1,4 раза.

Збільшення об'єму і модуля дренажного стоку при зменшенні відстані між дренами відзначалися в досліджах Р. Ламсодіса [93], Х.А. Смілгі [180], Р.А. Тумаса [194] та інших вчених Прибалтики. До того ж, аналізуючи зв'язок об'єму річного стоку з урожаєм сільськогосподарських культур П.Б. Свікліс

[176] зауважує тенденцію збільшення урожаю в міру збільшення об'єму стоку.

Збільшення об'єму дренажного стоку при зменшенні відстані між дренами знаходить відображення на інших показниках гідрологічної дії дренажу: рівні ґрунтових вод і вологості ґрунту, а також врожаях сільськогосподарських культур.

Суттєвий вплив на дренажний стік відіграє не менш важливий параметр дренажу – глибина закладання дрен.

На думку Ц.М. Шкінкіс [207], при збільшенні глибини закладання дрен (t) від 0,9 до 1,2 і 1,5 м, об'єм річного дренажного стоку зростає в середньому на 30...40 %. Наступне збільшення t , яке викликає, як правило, відповідно збільшення глибини стояння однаково забезпечених рівнів ґрунтових вод, у маловодні і середні за водністю роки може і не дати приросту об'єму дренажного стоку.

Тривалість дренажного стоку значно зростає при збільшенні глибини закладання дрен. Так, на Кокнеській дослідній ділянці при $E=14$ м з збільшенням t від 0,9 до 1,2 м величина тривалості дренажного стоку зросла на 23 %.

Ще більша різниця в тривалості стоку отримана при глибокому та мілкому дренажі ($E=36$ м). В окремі багатоводні роки в системах глибокого дренажу стік відбувається безперервно.

В.Ф. Московченко [113] на території Прип'ятського Полісся України встановив, що величина розрахункового регіонального модуля дренажного стоку змінюється залежно від характеру сільськогосподарського використання земель, рівня урожайності культур, типу і різновидності ґрунтів.

При польовій сівозміні з урахуванням перспективи росту врожайності сільськогосподарських культур для супіщаних мінеральних перезволожених ґрунтів південно-західній частині Прип'ятського Полісся розрахунковий регіональний модуль дренажного стоку приймати відповідно рівним 0,56...0,60 л/с·га.

В.Ф. Московченко на базовому об'єкті "Володимирецький" також встановив, що при зменшенні відстаней між дренами від 20 до 14 м дренажний стік зростає в 1,6 рази, тоді як при збільшенні до 25 м – зменшується в 1,4 рази. Пояснюється це тим, що при більшій ширині міждрення збільшується зона, в межах якої дренаж послаблює свій вплив [113].

Дослідженнями проведеними в умовах Волинського Полісся України Сапсаєм Г.І. [167] на основі кількісної оцінки впливу параметрів дренажу на інтенсивність відводу гравітаційної вологи встановлено, що зменшення відстаней між дренами з 20 до 10 м викликає збільшення модулів дренажного стоку в середньому в 1,4 рази. В умовах вологих років ($p < 25$ %) збільшення глибини закладання дрен на 0,2 м сприяє зростанню річного стоку на 23 мм і його тривалості на 13 діб.

Режим рівнів ґрунтових вод перезволожених ґрунтів Полісся України досліджував ще на початку ХХ ст. В.Е. Оппоков [131]. У подальшому вивчення коливань рівня ґрунтових вод під впливом осушення проводили А.М. Янголь,

М.Ф. Козлов, В.Ф. Шебеко, А.І. Мурашко, Б.С. Маслов, О.І. Івицький, В.Є. Алексієвський, С.І. Веремєєнко, М.О. Клименко, Г.І. Сапсай та інші [6, 20, 21, 58, 66, 67, 79, 105, 118, 167, 205].

На основі їхніх досліджень можна стверджувати, що положення рівня ґрунтових вод зумовлюється, крім природних режимоутворюючих факторів, таким антропогенним чинником як осушувальні меліорації.

Унаслідок водовідвідної дії дренажу в активному шарі дренажних ґрунтів відбувається пониження рівнів ґрунтових вод. З практичної точки зору, режим рівнів ґрунтових вод є більш важливим показником гідрологічної дії дренажу ніж дренажний стік, оскільки стік може формуватися при затопленні ґрунтовими водами різних ґрунтових горизонтів. Процес формування дренажного стоку землекористувачів цікавить мало. Але вони дуже зацікавлені в забезпеченні необхідної глибини рівня ґрунтових вод, створенні оптимального режиму вологості ґрунту для своєчасного проведення польових робіт і утворенні найбільш сприятливих умов для росту й розвитку сільськогосподарських культур.

У кліматичних умовах періодичного надмірного зволоження рівень ґрунтових вод на мінеральних напівгідроморфних ґрунтах дуже змінюється. При атмосферному живленні на цих ґрунтах упродовж року відбувається досить різке коливання рівнів, зумовлене гідрометеорологічними факторами. Однак на інтенсивно дренажних полях коливання рівнів відбуваються в більш глибоких ґрунтових горизонтах, ніж на не дренажних і екстенсивно дренажних полях.

Як вказує Ц.М. Шкінкіс [207], глибина залягання однаково забезпечених рівнів ґрунтових вод значно зростає, а тривалість стояння високих рівнів різко зменшується у міру зменшення відстаней між дренами. Але ще більший вплив на режим рівнів ґрунтових вод здійснює глибина закладання дрена. Збільшення t на 0,3 м (від 0,9 до 1,2 м) забезпечує приблизно такий же приріст інтенсивності осушення, як дворазове зменшення E (від 30 до 14 м). Приблизно однаковий режим рівнів ґрунтових вод забезпечує глибокий (1,5 м) розріджений дренаж при $E=36$ м і мілкий (0,9 м) систематичний дренаж з трьохкратно меншими $E=12$ м. При цьому потрібно враховувати, що вартість будівництва першого в 2,5 рази менше другого.

При глибокому систематичному дренажі підйом рівнів ґрунтових вод до орного горизонту спостерігається дуже рідко. Середня (за 13 років) тривалість затоплення ґрунтовими водами верхнього півметрового шару ґрунту при глибокому (1,5 м) дренажу в 2,1 рази менша, ніж при середньо глибокому (1,2 м) дренажу, і в 4,5 рази менша, ніж при мілкому (0,9 м). Переваги більш глибокого дренажу при регулюванні водного режиму ґрунтів особливо виражені в багатоводні роки.

Водночас встановлено суттєвий вплив на режим ґрунтових вод ступеню їхнього дренажу на ґрунтах, які розташовані на території Волинського Полісся [167].

Аналіз динаміки рівня ґрунтових вод за середній 1977 рік показує, що

залежно від відстаней між дренами хід рівня відбувається на різній глибині. Так, влітку глибина залягання ґрунтових вод на варіанті $E=20$ м, $t=1,0$ м коливалася в межах 141...49 см, тоді як на варіанті $E=10$ м, $t=1,0$ м в діапазоні 153...57 см. Восени параметри дренажу $E=20$ м, $t=1,0$ м знижували рівень ґрунтових вод до 80...110 см, а дренаж $E=10$ м, $t=1,0$ м – до 98...119 см. Аналогічна закономірність у формуванні рівнів ґрунтових вод під впливом параметрів дренажу спостерігалась і в інші роки. Впливає на режим ґрунтових вод і глибина закладання дрен [167].

Збільшення глибини закладання дрен на дерново-підзолистих ґрунтах з 0,8 м до 1,2 м сприяло зниженню ґрунтових вод на 13...40 см. При цьому зниження спостерігалось не тільки в літній період, але й зимою. Так, якщо на варіанті з $E=10$ м у зимово-весняний період рівні ґрунтових вод при глибині закладання дрен 0,8 м знаходились на глибині 16...95 см, то на варіанті з $t=1,2$ м зменшувались до 31...121 см.

Важливою характеристикою водного режиму ґрунтів і роботи дренажу, поряд із нормою осушення, є тривалість стояння рівня ґрунтових вод у різних ґрунтових горизонтах. Дослідженнями Б.С. Маслова [105] встановлено, що навіть незначне підтоплення кореневмісного шару ґрунтів у період вегетації сільськогосподарських культур веде до зниження їхньої продуктивності.

Дані спостережень показують, що тривалість затоплення верхніх шарів дерново-підзолистих глейових ґрунтів залежить, значною мірою, від ступеня їхнього дренажування. Зі згущенням і заглибленням дренажу тривалість підтоплення ґрунтового профілю значно скорочується.

Так, на варіанті $E=20$ м, $t=0,8$ м тривалість стояння ґрунтових вод у шарі 0...50 см дерново-підзолистих ґрунтів досягла 26 днів, тоді як на варіанті $E=10$ м, $t=0,8$ м – усього 12 днів. Заглиблення дренажу також скорочує період підтоплення ґрунтового профілю. Так, якщо на варіанті $E=10$ м і $t=0,8$ м підтоплення шару 0...90 см тривало 48 днів, то на варіанті $E=10$ м, $t=1,2$ м – лише 24 дня. Варто зазначити, що у вологому 1974 р. підтоплення орного горизонту було виключено лише на варіанті з частим дренажем, коли відстані між дренами дорівнювали 10 м.

У роботі [167] дослідження режиму рівнів ґрунтових вод дозволили з'ясувати ступінь впливу відстаней між дренами і глибини їх закладання на тривалість підтоплення верхніх ґрунтових горизонтів. Так, автором встановлено, що збільшення глибини дренажу на 0,2 м дозволяє збільшити відстань між дренами на 25 %.

Аналіз тривалості стояння рівня ґрунтових вод у ґрунтових горизонтах за багаторічний період дозволив встановити параметри дренажу, що забезпечать достатній осушувальний ефект при $k_{\phi} = 0,12$ м/добу. Так, при глибині закладання дрен 1,2 м необхідна інтенсивність осушення досягається при відстані між дренами 13 м.

Вологість ґрунту є одним з основних показників забезпеченості сільськогосподарських рослин водою. Водозабезпечення рослин відбувається за

рахунок ґрунтової вологи, надлишок і недостача якої негативно впливає на ріст і розвиток сільськогосподарських культур. Тому вивчення режиму вологості дренажних ґрунтів викликає зацікавлення як один із показників ефективності роботи дренажу.

Позитивний вплив інтенсивності дренажу на ґрунтову вологість відзначає чимало вчених. Одним із перших у колишньому Радянському Союзі провів систематичні дослідження режиму вологості дренажних ґрунтів Л.П. Розов. Він установив, що на важких ґрунтах поблизу дренажів вологість ґрунту на 1,5... 2,0 % нижча, ніж у середині смуги між дренажами, а до того ж на полях старішого дренажу це явище виражене сильніше. Останнє пояснюється зміною властивостей ґрунту під впливом тривалої осушувальної дії дренажу.

Про ефективність вологорегулюючої властивості дренажу свідчать дані, наведені О.М. Костяковим [85]. Так у дощовий час дренажні ґрунти мають меншу, а в посушливий час – більшу вологість порівняно з не дренажними ґрунтами, що пояснюється властивістю дренажних ґрунтів краще поглинати атмосферні опади.

У працях О.М. Костякова, Е.М. Андріюскайте, Ц.М. Шкінкіса та інших відмічається позитивний вплив дренажу на регулювання ґрунтової вологи як порівняно з не дренажними ґрунтами [85], так і стосовно загущення регулюючої дренажної мережі і збільшення глибини її закладання [7, 205]. Однак їхні висновки ґрунтуються на результатах досліджень, проведених у Прибалтиці, а результати аналогічних спостережень на території Волинського Полісся України наведені в працях А.М. Янголя [211], М.О. Клименка [67], А.Т. Кардашова [64] та інших учених.

У досліджах Р. Ламсодіса [93] тривалість перезволоження орного горизонту при зменшенні E з 28 до 14 м скоротилась більше ніж у 5 разів.

Досліджуючи вплив відстаней між дренажами на водний режим ґрунту в умовах Прикарпаття України, А.М. Янголь [211] і З.А. Забочина [46, 47] дійшли висновку, що частий дренаж відіграє позитивну роль не тільки під час надлишку вологи, але й в засушливі періоди. Так, в умовах 1963 року вологість ґрунту при $E=10$ м була на 6...8 % більше, ніж при $E=20...30$ м, а врожай льону (соломки) на 0,3...0,5 ц/га вище порівняно з розрідженим сільськогосподарським дренажем. Покращення водного режиму і більш високі врожаї культур при частому дренажі відмічають В.П. Кубишкін [89], О.І. Тищенко [195] та інші автори.

Режим вологості ґрунту є найважливішим показником інтенсивності й ефективності гідрологічної дії дренажу, від якої безпосередньо залежить процес ґрунтоутворення і родючість. Режим вологості дренажних ґрунтів формується під впливом водовідвідної дії дренажу, тобто зниження високих рівнів ґрунтових вод. Якщо загальні питання ґрунтової вологи вивчені порівняно добре, то цього не можна сказати про режим вологи дренажних ґрунтів [207].

У вологі роки ступінь вологості ґрунту зростає при збільшенні відстані від дренажів [4].

Багаторічні дослідження впливу дренажу на водний режим ґрунту

свідчать, що в міру зростання інтенсивності дренажу, шляхом згущення або заглиблення дренажу, спостерігається зниження вологості ґрунтів. Дані досліджень, виконаних у дерново-підзолистих глейових супіщано-пилюватих ґрунтах Волинського Полісся, показали, що зменшення відстаней між дренами забезпечує зниження вологості в ґрунтовому профілі.

Вологість ґрунту при відстанях між дренами 10 м була нижча, ніж при відстанях 20 м. За вегетаційний період при відстанях між дренами 10 м вологість ґрунту коливалась у межах 23,9...17,7 %, тоді як при відстанях між дренами 20 м вона була в межах 29,2...26,8 %. Зниження вологості ґрунту в умовах багатоводного 1974 року за рахунок згущення дренажу з 20 до 10 м у шарі 0...70 см склало 17...20 %. У посушливі та середні по забезпеченості роки рівні ґрунтових вод у літній період знижуються до 1,4...1,7 м і параметри дренажу суттєвого впливу на вологість ґрунту не здійснюють.

Так, вологість орного горизонту 0...30 см при відстанях між дренами 10, 15 і 20 м коливалась у межах 22...24 %. У більш глибоких шарах (50...70 см) спостерігається аналогічна закономірність. Вологість при відстанях між дренами 10 м була такою ж, як і у варіанті з відстанями 20 м. За період з травня по серпень при відстанях між дренами 20 м ґрунтова вологість коливається в межах 16,2...18,9 %, а у варіанті з відстанями між дренами 10 м – у діапазоні 17,8...18,9 %.

Встановлено [167], що лише на початку вегетаційного періоду вологість дерново-підзолистого ґрунту була близька до оптимальної. Починаючи з червня через малу кількість опадів спостерігається пересушення ґрунтового профілю, що зростає у вересні. У серпні і вересні вологість орного горизонту опускалась до значень у два рази нижче оптимальних. Запас вологи в шарі 0,5 м на 50...80 мм нижче оптимального спостерігається на всіх варіантах дренажу, що вказує на необхідність зволоження цих ґрунтів.

Зміна водного режиму ґрунту під впливом дренажу суттєво впливає на температуру ґрунту. Його температурний режим залежить від відношення твердої фази в ній, води і ґрунтового повітря, теплоємність і теплопровідність яких дуже відрізняються. Але вирішальну роль відіграє вміст води, завдяки її високій теплоємності.

Дослідивши температурний режим ґрунту, О.М. Костяков [85] вказує на дещо меншу різницю температур на користь дренажованих ґрунтів, тобто 2...6°C.

Стосовно Волинського Полісся України, то складається така ситуація: вивчення температурного режиму проводилося за різними аспектами, в основному на торфових та дерново-підзолистих ґрунтах, оскільки вони найбільш розповсюджені на даній території. Вперше питання про вивчення температурного режиму на Волинському Поліссі України було піднято І.З. Лапою та М.М. Мостовим. Результати досліджень стосуються, як правило, осушених торфових ґрунтів.

Подальший розгляд температурного режиму представлений у роботах М.О. Клименка [67], С.І. Веремеєнка [20], А.Т. Кардашова [64], В.П. Вострікова [25], М.М. Лінкевича [97], В.П. Ковальчука [73] та інших вчених. Їхні дослідження були проведені на торфових та дерново-підзолистих ґрунтах, у

результаті чого зроблено ряд висновків, серед яких найголовніший: ґрунти Волинського Полісся потребують покращення температурного режиму.

За даними досліджень, на легких суглинистих і супіщаних ґрунтах в окремі роки температура верхніх горизонтів орного горизонту (5 см) дренажного ґрунту весною на $1,0...1,6^{\circ}\text{C}$ вища, ніж не дренажних. У нижчих горизонтах цього шару різниця буває більшою, досягаючи $2,2^{\circ}\text{C}$. У суглинистих і глинистих ґрунтах позитивний вплив дренажу на процес прогрівання проявляється сильніше. Так, спостерігалось, що на цих ґрунтах весною температура не дренажної ділянки на глибині 5 см на $1,4...2,3^{\circ}\text{C}$, а на глибині 20 см – на $3,3...4,2^{\circ}\text{C}$ нижча, ніж на дренажних ділянках. При цьому відмінність у температурі між верхнім (5 см) і нижнім (20 см) горизонтами на не дренажній ділянці була $2,1^{\circ}\text{C}$, а на дренажних – $0,5...1,0^{\circ}\text{C}$, що свідчить про більш рівномірне прогрівання дренажних ґрунтів по глибині. Характерно, що до кінця травня відмінність у температурах не дренажних і дренажних ґрунтів зникає. У кінці літнього періоду температура дренажного ґрунту стає нижчою, ніж не дренажного. Це пояснюється тим, що ці ґрунти мають нижчу вологість і малу теплоємність, що відповідно впливає на температуру нагрівання і охолодження ґрунтів.

Гранична теплоємність сухих ґрунтів складає біля $0,20...0,25$ (пісок – $0,19$, суглинок – $0,22$, глина – $0,22$, вода – 1), тобто в $4...5$ рази менше граничної теплоємності води. Таким чином, щоб підняти температуру 1 кг води на 1°C , потрібно витратити в $4...5$ раз більше теплоти, ніж для того, щоб підняти температуру 1 кг ґрунту на той же 1°C .

Отже, збільшення інтенсивності осушення ґрунту є одним із заходів, які дозволяють покращити його тепловий режим.

Викладений вище матеріал дозволяє зробити висновок, що при збільшенні інтенсивності осушення спостерігається тенденція до покращення властивостей і режимів ґрунту. Однак, у сучасних умовах на меліорованих землях регіону гідротермічний режим ґрунту не в повній мірі відповідає вимогам сільськогосподарських культур. За умови, коли відбувається погіршення технічного стану дренажних систем, спостерігається зворотна тенденція: погіршення водного й температурного режимів ґрунту.

Таким чином, розробка методик розрахунку параметрів дренажу та оцінки дії дренажних систем Волинського Полісся України при довготривалій експлуатації на даний час є актуальним, що і стало передумовою для проведення досліджень.

2. МЕТОДИКА, ОБ'ЄКТ І УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Мета проведення досліджень

Науковою необхідністю проведення досліджень стало те, що в останні роки на території Волинського Полісся України відбулася зміна технічного стану дренажних систем, а саме погіршення та зменшення врожаїв сільськогосподарських культур.

Аналіз наукових джерел засвідчує, що питання оцінки технічного стану дренажних систем на території Волинського Полісся України при довготривалій їхній експлуатації вивчене недостатньо.

Технологічно вказана ситуація може бути вирішена шляхом розроблення такої методики оцінки дії дренажної системи, яка б враховувала ступінь забезпеченості гідротермічного режиму ґрунту, рівень урожайності сільськогосподарських культур та техніко-економічні показники. Крім цього потребує подальшого вдосконалення методика розрахунку оптимальних відстаней між дренами.

2.2. Методика досліджень

Дослідження проводилися на трьох дослідних ділянках у ПСП “Мирне” Костопільського району Рівненської області в межах гідромеліоративної системи “Печалівка”.

Окрім того, використані дані Волинського та Рівненського обласних управлінь водних ресурсів, ПСП “Мирне” Костопільського району, що охоплювали роки з атмосферними опадами від 5,4 % до 97,3 %.

Відповідно до завдань досліджень здійснювалися систематичні спостереження за водним і температурним режимами ґрунту, його воднофізичними та агрохімічними властивостями, а також урожайністю сільськогосподарських культур за загальноприйнятими методиками.

2.2.1. Спостереження за температурою повітря та ґрунту

Температуру повітря визначали за допомогою термометрів у жалюзійній метеобудці на висоті 2 м безпосередньо на дослідній ділянці. Температуру ґрунту вимірювали щоденно о 13 годині на поверхні ґрунту терміновим, мінімальним та максимальним термометрами на глибині 5, 10, 15 і 20 см колінчастими термометрами Савінова (ТМ-5, у вегетаційний період), а на глибині 30, 50 см – витяжними термометрами (ТПВ-50) [17].

Колінчасті термометри Савінова встановлювали по лінії, що орієнтована в напрямку зі сходу на захід зі зростанням глибини. Відстані між термометрами Савінова дорівнювали 10 см, а між витяжними – 50 см.

Замерзання та розмерзання ґрунту визначали один раз на п'ять днів за допомогою мерзлотометра Даниліна (МД-50м). Висоту снігового покриву

визначали за сніговимірними рейками [17, 109].

2.2.2. Спостереження за водним режимом ґрунту

Упродовж років досліджень на дослідній ділянці велися систематичні спостереження за факторами, що визначають водний режим осушуваних земель: дренажним стоком, рівнями ґрунтових вод (РГВ), вологістю ґрунту.

Вивчення водного режиму ґрунту здійснювалося на режимних ділянках, які розташовані від дренажного колектору на відстані, що приблизно дорівнює половині довжини регулюючої дрени ($L/2$).

Вимірювання дренажного стоку на дослідній ділянці зводилося до визначення витрат води, що стікає з осушуваної площі, зокрема обчисленням модулів дренажного стоку. Вимірювання витрат води проводили об'ємним способом у гирлах колекторів, а також окремих дрен [109]. Час наповнення посудини для вимірювання дренажного стоку становив не менше 15 с. Цей дослід проводили у трьох повторностях.

Дренажний стік вимірювали кожні п'ять днів, а при випаданні значних дощів та в період танення снігу – щоденно.

Спостереження за рівнем ґрунтової води на дослідній ділянці проводилися у спеціально обладнаних свердловинах (колодязях) з поліетиленових труб діаметром 5 см [109].

Ці свердловини розміщені на режимних площадках ділянки досліджень перпендикулярно до дренажних ліній: посередині між регулюючими дренами, на дрени, 1 м від дрени, $0,2 \cdot (E - 2)$ м та $0,3 \cdot (E - 2)$ м від дрени (рис 2.1).

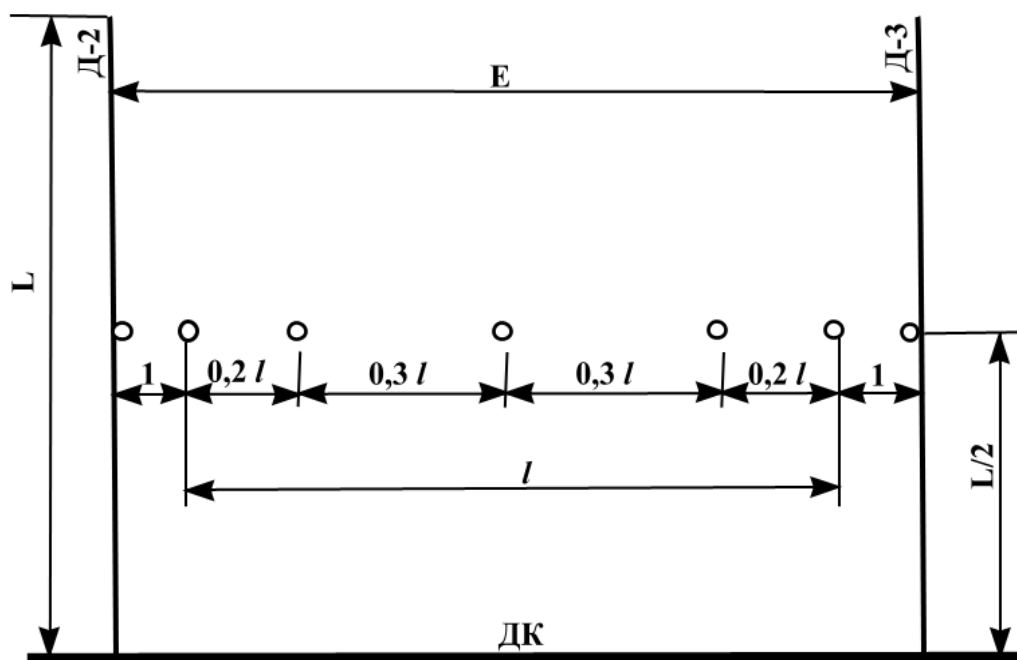


Рис. 2.1. Схема розташування спостережних свердловин на міждренні

Спостереження за рівнями ґрунтових вод проведено навесні й восени щоденно, влітку – один раз на п'ять днів, у дощові періоди, після випадання сильних дощів – щоденно. У зимовий період – один раз на п'ять-десять діб. Глибину ґрунтових вод вимірювали в спостережних свердловинах від верху труби за допомогою хлопавки, враховуючи, щоб точність виміру не перевищувала ± 1 см.

Вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим методом. Ґрунтові зразки відбирали на режимних ділянках, розташованих біля свердловини, для вимірювання РГВ та температури ґрунту за допомогою бура Колесникова об'ємом 50 см^3 [43, 109].

Вологість ґрунту визначали двічі на місяць у таких його шарах: для орного горизонту – (0...10), (10...20), (20...30) см; для нижче розташованого – (30...50), (50...70) й (70...90) см.

Зразки ґрунту відбирали у трьох повторностях.

2.2.3. Визначення водно-фізичних властивостей ґрунту

Комплекс досліджень водно-фізичних властивостей ґрунту дослідної ділянки складається з визначень:

- а) гранулометричного складу;
- б) щільності твердої фази;
- в) щільності;
- г) повної і граничної польової вологоємкостей;
- д) вологості в'янення (ВВ);
- е) коефіцієнта фільтрації.

Аналіз гранулометричного складу шарів через 10 см виконаний за методом М.О. Качинського з використанням піпетки [150, 151].

Щільність ґрунту визначали методом ріжучих циліндрів з використанням бура Колеснікова з кільцем об'ємом 50 см^3 , а також у шурфах циліндром об'ємом 250 см^3 у 3...6 кратній повторності [123].

Щільність твердої фази ґрунту визначали пікнометром, повторюючи тричі. Принцип пікнометричного методу полягає в визначенні об'єму води або інертної рідини, що дорівнює об'єму ґрунту, який беремо для аналізу [17]. При розбіжності результатів обчислень, більший за $0,02 \text{ г/см}^3$, аналіз повторювали.

Повну вологоємкість встановлювали в зразках з непорушеною структурою тричі, методом насичення водою ґрунту (з подальшим його висиханням), який перебував у циліндрі об'ємом 250 см^3 .

Граничну польову вологоємкість визначали методом заливних ділянок розміром $2,0 \times 2,0$ м. Ґрунтові зразки на вологоємність відбирали на третю добу після закінчення заливання через 10 см у триразовій повторності.

Вологість в'янення прийнята рівною подвійній максимальній гігроскопічності, що визначалась за методикою, запропонованою А.В. Ніколаєвим.

Коефіцієнти фільтрації для шару ґрунту 0,5 м визначали за допомогою

приладу Нестерова ПВН-00, а для більш глибоких шарів – способом відновлення рівня ґрунтових вод у свердловині після відкачування, з використанням для розрахунків формули Г.Д. Еркіна [59].

Агрохімічні дослідження. Агрохімічні показники визначали за загальноприйнятими методиками: амонійний азот з реактивом Несслера й нітратний азот з дисельфогеноловою кислотою – колориметрично; рухомий фосфор – фотоколориметричним способом у витяжці $0,2N\ HCl$ за синім фосфорно-молібденовим гетерокомплексом з використанням гідразину як відновника; рухливий калій – у $0,2N$ солянокислій витяжці на полум'яному фотометрі.

На дослідній ділянці упродовж досліджень вирощували такі сільськогосподарські культури: кукурудза на силос, кормовий буряк, озима пшениця, ячмінь, овес, картопля, багаторічні трави та ін.

Агротехніка вирощування сільськогосподарських культур здійснювалася відповідно до сучасних рекомендацій. Облік врожаю сільськогосподарських культур проведено методом облікових ділянок. Їхні розміри – $50 \dots 100\ m^2$, при 4-6 разовому повторі [111].

Дані експерименту оброблялися методами математичної статистики [8, 86, 182].

Для вимірювання тісноти і форми зв'язку між перемінними використані методи кореляції й регресії. Тісноту зв'язку оцінювали за коефіцієнтом кореляції і кореляційним відношенням. Критерій надійності коефіцієнта кореляції визначали за критерієм Ст'юдента, а кореляційного відношення – за критерієм Фішера. Коефіцієнти регресії розраховували методом найменших квадратів [98].

Математична обробка даних обліку врожаю сільськогосподарських культур у польовому і вегетаційному досліді проведена методом дисперсійного аналізу з обчисленням найменшої істотної різниці (НІР) на 5%-ому рівні значущості [43]. Кореляційні зв'язки встановлювали використовуючи персональний комп'ютер за статистичними методами кореляції та регресії [8].

2.3. Геолого-гідрогеологічні, геоморфологічні та ґрунтові умови району досліджень

Волинське Полісся України займає північну частину Волинської та Рівненської областей. Площа його становить понад 30 тис. km^2 [202].

Волинське Полісся України розташоване в південній частині Поліської низовини з абсолютними відмітками 150...200 м та малими ухилами поверхні (менше 0,0008). При слабовираженому мікрорельєфі тут розвинутий акумулятивний мезорельєф, котрий утворений, переважно, нерівномірними відкладеннями льодовикових осадів та дією вітру.

У геологічній будові Волинського Полісся беруть участь осадові відклади різного віку та кристалічні відклади, що є продовженням Українського

докембрійського масиву [27, 51]. Докембрійські кристалічні породи залягають в основі осадових і представлені гранітами, гнейсами, лабрадоритами, кварцитами та іншими породами [104]. Їхні виходи на поверхню можна спостерігати в північно-східній і східній частинах досліджуваного регіону. У розломах кристалічних відкладів трапляються магматичні породи, зокрема базальти.

У межах Волинського Полісся України на кристалічному фундаменті залягають палеозойські породи осадового походження. Відклади палеозою – це породи кембрійської, силурійської і девонської систем.

До кембрійської системи належать глинисті й піщано-глинисті породи. Силурійські відклади – це піщаники, вапняки, мергелі та сланці. Поверхня відкладів силурійського віку розмита, у вапняках є тріщини і порожнини карстового походження. У силурійських відкладах розташований потужний горизонт підземних вод.

Девонські відклади складені доломітами, вапняками, глинистими сланцями і піщаниками. Поверхня палеозойських відкладів Волинського Полісся перекрита крейдяними відкладами, це в основному мергельно-крейдяний шар верхньокрейдяного віку. Потужність мергельно-крейдяних порід коливається від 20 м в районі м. Сарни до 280 м в районі м. Любомль [50].

Відклади мергелів і крейди – це домінуюча корінна основа області, що лише в північно-східній і подекуди західній частині перекрита глинами третинного віку.

Відклади третинної системи залягають неузгоджено на крейдових породах. У багатьох місцях третинні відклади розмиті.

Породи крейдового і третинного віку в верхніх горизонтах мають низьку гідравлічну провідність і є регіональним водоупором [50, 51].

Відклади четвертинної системи Волинського Полісся представлені багатьма видами. Широко розповсюджені моренні утворення двох заледенінь. Нижня морена (піски) трапляється в заглибленнях дольодовикового рельєфу. Верхня морена дуже змита і зустрічається в заглибленнях крейдових відкладів.

Поширені в Волинському Поліссі піщані і глинисто-піщані відклади флювіогляціальних і озерногляціальних вод. Вони пристосовані до понижень і слабохвилястих міждріч. На піднятих хвилястих міждріччях у багатьох місцях льодовикові, моренні і флювіогляціальні відклади цілком змиті і на денну поверхню виступає елювіально-делювіальна кора вивітрювання крейдових мергелів. Алювіальні і озерні відклади Волинського Полісся – це піски, супіски і суглинки.

Враховуючи положення, морфологічні особливості та розміщення типів і форм рельєфу Волинського Полісся України, О.М. Маринич [103] виділяє 5 геоморфологічних районів: Верхньоприп'ятська і Сарненська акумулятивні низини, Волинське моренне пасмо, Ковельська і Костопільська денудаційні рівнини (рис. 2.2).

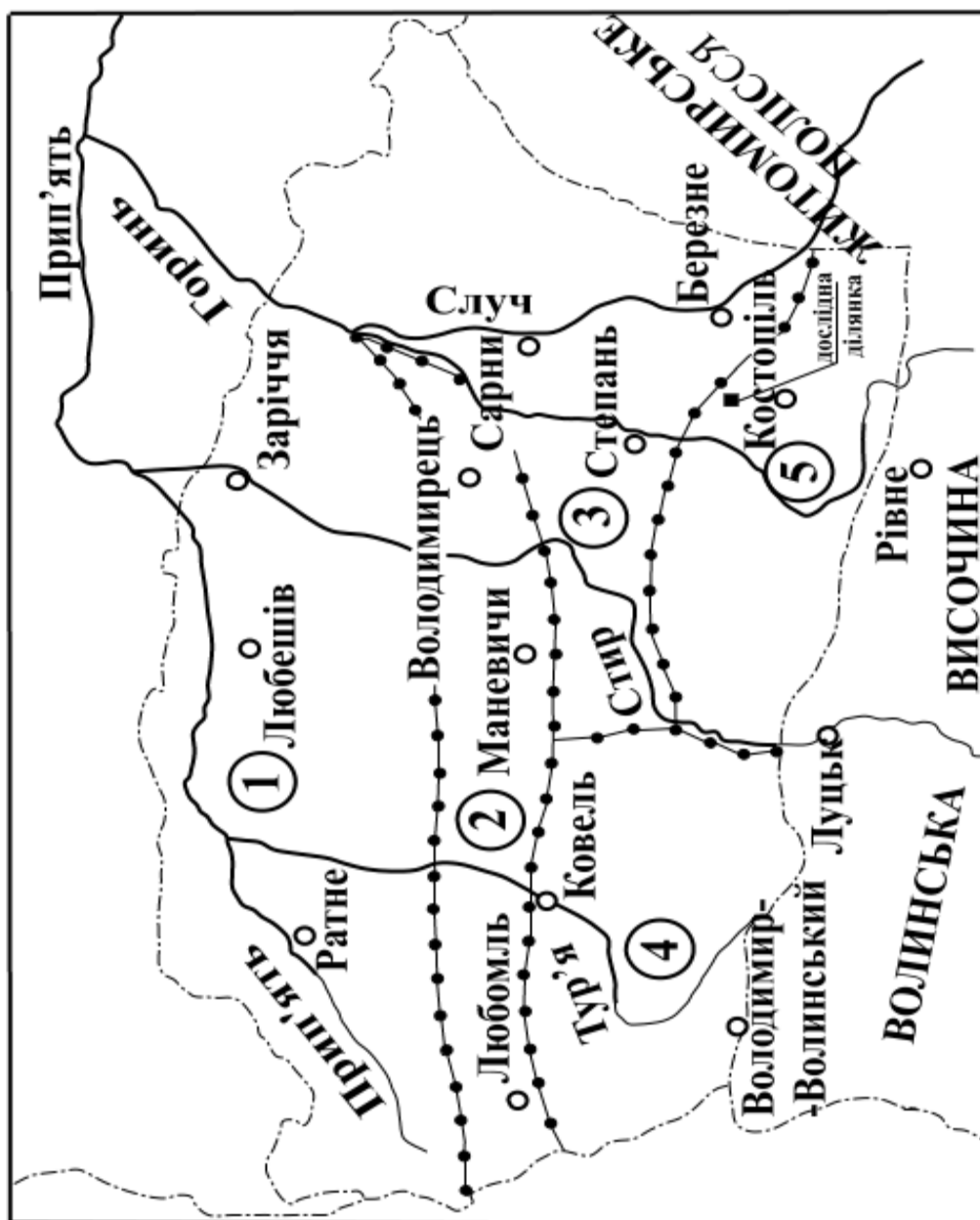


Рис. 2.2. Геоморфологічне районування Волинського Полісся України (за О.М. Мариничем):

- 1 – Верхнеприп'ятська аккумулятивна низовина; 2 – Волинське моренне пасмо; 3 – Сарненська аккумулятивна низовина; 4 – Ковельська денудаційна рівнина; 5 – Костопільська денудаційна рівнина

Вехньопріп'ятська акумулятивна низина – це плоска рівнина з підвищеннями висотою до 5...10 м. Значення абсолютних височин – 150...180 м. Для району характерні неглибокі річкові долини з широкими заболоченими поймами. Заболоченість різко підвищується на схід від річки Случ.

Волинське моренне пасмо перетинає регіон із заходу (р. Західний Буг) на схід (р. Горинь) уздовж населених пунктів Любомль, Маневичі, Володимирець. Унаслідок процесів денудації моренна гряда збереглась як окремі підвищення, вали і дуги висотою до 40 м. Між ними розташовані ділянки заболочених понижень та перезволожених ґрунтів.

У межах Костопільської та Ковельської денудаційних рівнин відбувається підняття корінних порід на водороздільних територіях, зменшення потужності четвертинних відкладів. Кількість боліт і заболочених земель тут значно менша. Меліоративний фонд цих районів представлений в основному мінеральними ґрунтами періодичного надлишкового зволоження.

Ґрунтові і підземні води на території Волинського Полісся мають складне та своєрідне поширення.

Серед підземних вод у відкладах різного віку найбільший науковий інтерес з погляду їхньої участі у перезволоженні ґрунтів викликають води мергельно-крейдових порід.

Підземні води, які циркулюють у тріщинуватих верхньокрейдяних відкладах, гідравлічно пов'язані з ґрунтовими водами антропогенних відкладів і беруть участь у живленні останніх. Вони напірні. Часткове розвантаження водоносного горизонту відбувається в поймах річок Горинь, Стир та ін. Напірні води, що циркулюють в більш глибоких горизонтах крейди, також мають високі п'єзометричні рівні і часто виходять на денну поверхню, зумовлюючи ґрунтово-напірний тип водного живлення, що виражене "плямами" на меліорованих об'єктах.

Ґрунтові води поширені майже на всій території регіону і причетні до різних генетичних відкладів: алювіальних, флювіо- і озерногляціальних. Глибина залягання водоносних горизонтів становить 0...0,2 м від поверхні землі [51].

Легкий гранулометричний склад ґрунтоутворювальних порід території Волинського Полісся України та їхня різноманітність впливають на процеси ґрунтоутворення.

Основними ґрунтоутворювальними породами регіону є: 1) флювіогляційні і древньоалювіальні відклади; 2) сучасні алювіальні відклади; 3) морени.

Перші два типи ґрунтоутворювальних порід – переважно піщані водольодяникові відклади та відклади сучасних водних потоків. Морена, зазвичай, на підвищених ділянках рельєфу.

У гранулометричному складі морени – піщані середні і легкі суглинки, рідше – важкі супіски. У південно-західній частині Волинського Полісся, де близько біля поверхні є крейда і крейдові мергелі, трапляються карбонатні різновиди морени. У Волинському Поліссі поширені: 1) дерново-підзолисті ґрунти; 2) дернові ґрунти; 3) болотні ґрунти; 4) еродовані ґрунти (рис. 2.3) [51].

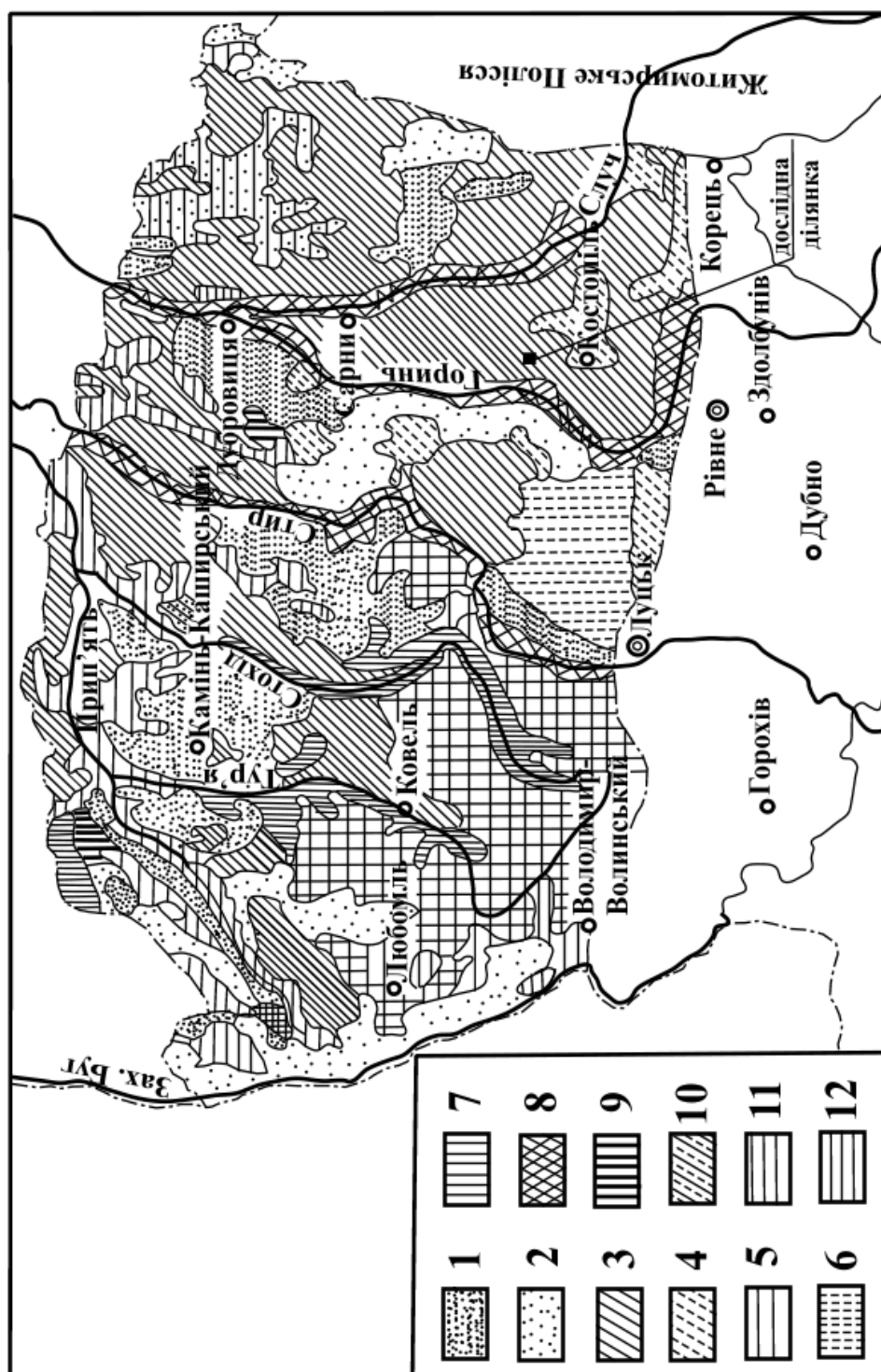


Рис. 2.3. Схематична карта ґрунтів Волинського Полісся України:

1 – дерново-підзолисті піщані ґрунти; 2 – дерново-підзолисті глинисто-піщані ґрунти; 3 – дерново-підзолисті глейові ґрунти; 4 – дерново-підзолисті супіщані ґрунти; 5 – дерново-середньопідзолисті супіщані ґрунти; 6 – дерново-середньопідзолисті піщано-легкосуглинні ґрунти в комплексі з перегнойно-карбонатними; 7 – дерново-глейові ґрунти в комплексі з дерново-підзолистими глейовими і болотними; 8 – дерново-глейові лучні ґрунти; 9 – муловато-глейові ґрунти в комплексі з торфопо-глейовими; 10 – торфопо-глейові ґрунти в комплексі з дерново-глейовими; 11 – торфові ґрунти; 12 – сірі лісові ґрунти

Дерново-підзолисті ґрунти представлені, в основному, слабо-середньопідзолистими супіщаними, глинисто-піщаними і піщаними, а також дерново- слабо- і середньопідзолистими глейовими супіщаними і глинисто-піщаними.

Серед дернових ґрунтів найбільше поширені дернові глейові, лугові глейові і дерново-карбонатні ґрунти супіщаного, легко суглинистого і глинисто-піщаного гранулометричного складу.

Основними представниками болотних ґрунтів є низинні та перехідні торф'яники.

Еродовані ґрунти – це дюнні і бугристі піски, не закріплених рослинністю. Найбільш поширені вони в Камінь-Каширському та Маневицькому районах Волинської області.

Серед ґрунтів Волинського Полісся значне місце займають мінеральні періодично перезволожені ґрунти. Вони містяться на площі 1201 тис. га або 40 % території досліджуваного району, і становлять 66,4 % меліоративного фонду [51].

Найчастіше серед мінеральних перезволожених ґрунтів є дерново-підзолисті глейові (супіщані і глинисто-піщані), дернові глейові (глинисто-піщані і супіщані), лугові глейові (переважно супіщані та глинисто-піщані).

Дерново-підзолисті, глейові дернові, глейові глинисто-піщані, супіщані і легкосуглинисті ґрунти перезволожуються, завдяки сезонному підняттю ґрунтових вод, які живляться атмосферними опадами. Виняток становлять глинисто-піщані ґрунти з близьким (0,4...0,5 м) заляганням ущільнених мергельно-крейдових порід і моренних суглинків. У таких умовах відбувається перезволоження ґрунтів за рахунок формування верховодки в орному горизонті в дощові періоди [128, 140].

Серед ґрунтів, перезволожених ґрунтовими водами, які притікають із сторони, можна виділити дерново-підзолисті глинисто-піщані ґрунти розташовані біля схилів моренного пасма, ґрунти, які підстилаються на глибині 1,0...1,5 м розпушеними мергельно-крейдовими відкладами, а також лугові глейові ґрунти.

Виходячи з геолого-гідрогеологічних, геоморфологічних і ґрунтових умов, а також враховуючи дослідження В.С. Олійника, С.Т. Вознюка, В.О. Оліневича [128, 139], на території Волинського Полісся України можна виділити 6 меліоративних районів (рис. 2.4). У табл. 2.1. наведені їх ґрунтово-меліоративні характеристики.

2.4. Характеристика об'єкту дослідження

Об'єктом дослідження є дренаж у мінеральних ґрунтах на території ПСП "Мирне" Костопільського району Рівненської області.

Ґрунти об'єкту досліджень представлені дерново-підзолистими глейовими супіщаними ґрунтами, що сформувалися в умовах близького залягання рівня ґрунтових вод. Коефіцієнт фільтрації ґрунту становить 0,13 м/добу.

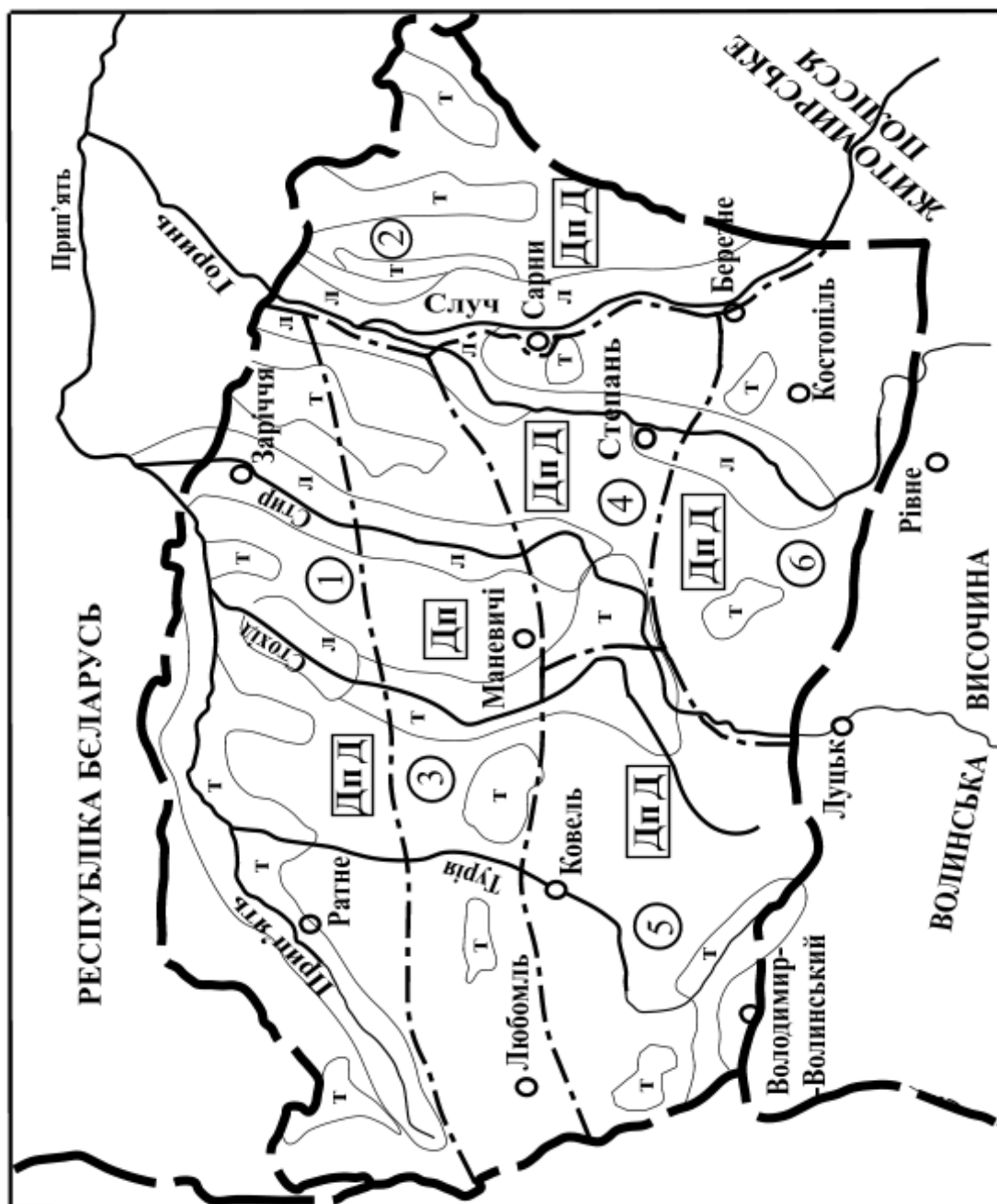


Рис. 2.4. Ґрунтово-меліоративне районування Волинського Полісся України:

1 – Верхньо-Прий'ятський; 2 – Сарненський; 3 – Сарнівський; 4 – Степанський; 5 – Ковельський; 6 – Костопільський

Таблиця 2.1

Легенда до карти ґрунтового-меліоративного районування

Індекс району	Назва району	Умовна позначка ґрунтів	Тип ґрунтів	Механічний склад	Підстилаючі породи	Тип водного живлення, РГВ
1	2	3	4	5	6	7
1	Верхньо-Прип'ятський	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Глинисто-піщані, супіщані	Алювіальні супіски. Морена	Ґрунтовий, < 1,0 м
		Д	Дернові глейові	Глинисто-піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Морена	Ґрунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно-болотні глейові	Глинисто-піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Морена	Алювіальний, ґрунтовий < 0,5 м
		Т	Торфово-болотні, торфові низинні	-	Алювіальні піски та супіски	Алювіальний, ґрунтовий < 0,3 м
2	Сарненський	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Суглинисто-піщані, супіщані	Алювіальні, піски та супіски. Верхньокрейдяні, рихлі мергель та крейда	Ґрунтовий, < 1,0 м
		Д	Дернові глейові	Глинисто-піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Верхньокрейдяні, рихлі мергель та крейда	Ґрунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно-болотні глейові	Глинисто-піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски	Алювіальний, ґрунтовий < 0,5 м

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
		Т	Торфово-болотні, торфові низинні	-	Алювіальні піски та супіски	Алювіальний, грунтовий < 0,3 м
3	Маневицький	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Супіщані, глинисто-піщані	Моренні, суглинки	Грунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно- болотні глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски, моренні суглинки	Алювіальний, грунтовий < 0,5 м
		Т	Торфові низинні	-	Алювіальні супіски, моренні суглинки	Алювіальний, грунтовий < 0,3 м
4	Степанський	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Моренні супіски та суглинки. Верхньокрейдяні, мергель та крейда	Грунтовий, < 1,0 м
		Д	Дернові глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Верхньокрейдяні, мергель та крейда	Грунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно- болотні глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Верхньокрейдяні, мергель та крейда	Алювіальний, грунтовий < 0,5 м
		Т	Торфово-болотні низинні	-	Алювіальні піски та супіски	Алювіальний, грунтовий < 0,3 м

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7
5	Ковельський	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Водно-льодовикові піски. Верхньокрейдяні відклади, мергель, крейда	Грунтовий, < 1,0 м
		Д	Дернові глейові	Глинисто- піщані, супіщані	Водно-льодовикові піски. Верхньокрейдяні відклади, мергель, крейда	Грунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно- болотні	Глинисто- піщані, супіщані	Алювіальні піски та супіски. Водно- льодовикові піски	Алювіальний, грунтовий < 0,5 м
		Т	Торфово-болотні, торфові низинні	-	Алювіальні піски, супіски. Водно-льодовикові піски та супіски	Алювіальний, грунтовий < 0,3 м
6	Костопільський	Дп	Дерново-підзолисті глейові	Супіщані	Водно-льодовикові піски та супіски. Верхньокрейдяні, мергель, крейда	Грунтовий, < 1,0 м
		Д	Дерново-карбонатні глейові	Супіщані	Елювій карбонатних порід (мергель, крейда)	Грунтовий, < 1,0 м
		Л	Лучні, лучно- болотні глейові	Супіщані	Алювіальні, супіски	Алювіальний, грунтовий < 0,5 м
		Т	Торфово-болотні, торфові низинні	-	Алювіальні піски та супіски. Водно-льодовикові супіски	Алювіальний, грунтовий < 0,3 м

Розглянемо гранулометричний склад дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту дослідної ділянки, адже це один із факторів, що суттєво впливає на водно-фізичні властивості даного ґрунту (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Гранулометричний склад дерново-підзолистого супіщаного ґрунту

Розмір фракцій, мм	Гранулометричний склад, %, на глибинах відбору зразків, см					
	0...30	30...50	50...90	90...120	120...200	200...300
фізичний пісок 1...0,05	58,3	79,8	65,1	73,6	78,2	83,4
пил 0,05...0,001	35,8	14,6	16,1	14,5	12	10,2
мул 0,001	5,1	3,9	18,4	11,9	11,1	8,2
фізична глина 0,01	10,9	14,8	24,5	19,8	17,9	12,3

Табл. 2.2 засвідчує, що дерново-підзолистий супіщаний ґрунт дослідної ділянки за гранулометричним складом можна характеризувати як середньо важкий. У суглинистому ілювіальному горизонті (50...90 см) спостерігаємо найбільший вміст фізичної глини (24,5 %) і мулистих фракцій (18,4 %).

Водно-фізичні властивості дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту дослідної ділянки представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Водно-фізичні властивості дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту

Властивості ґрунту	Шар ґрунту, см				
	0...30	30...50	50...90	90...120	120...200
щільність, г/см ³	1,29	1,58	1,67	1,71	1,71
повна вологоємність (ПВ), %	41,1	31,2	26,5	25,2	25,1
гранична польова вологоємність, %	31,8	23,2	20,1	19,8	19,7
вологість в'янення (ВВ), %	4,1	3,6	5,4	-	-

Проаналізувавши дані табл. 2.3, можна стверджувати, що зі збільшенням глибини щільність твердої фази та ґрунту зростають. Їхні найменші значення спостерігаються в орному горизонті, а найбільші – в ілювіальному. Також на глибині зменшуються значення повної та граничної польової вологоємностей.

У рік закладання польових дослідів орний шар характеризувався такими хімічними показниками (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Агрохімічні властивості цілинного дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту

Глибина відбору зразка, см	Гумус, %	рН	Рухомий Р ₂ О ₅	Обмінний К ₂ О	Загальний азот, %
			в мг/100 г ґрунту		
0...30	2,54	6,1	5,9	5,4	0,1
30...50	0,36	6,2	5,2	4,1	0,06

У табл. 2.4 зі збільшенням глибини вміст гумусу різко зменшується від 2,54 до 0,35 %, рухомі форми елементів мінерального живлення – знижуються деякою мірою, величина pH – змінюється мало.

2.5. Схема досліджень

Схема досліду охоплювала різні варіанти дренажу (рис. 2.5):

- відстань між дренами 10; 15; 20 м;
- глибина закладання дрен 0,8; 1,0; 1,2 м;
- глибоке розпушення ґрунту на варіанті дренажу з $E=20$ м та $t=1,2$ м.

Варіанти з глибиною закладання дрени 1,0 м і відстанями 10; 15; 20 м закладені в трьохкратній повторності.

Крім того, питання формування дренажного стоку і можливості пересушування ґрунтів досліджували на варіантах із глибиною дренажу 1,2; 1,4; 1,5 м і відстанями між дренами 10, 12 і 18 м.

На варіанті дренажу з відстанню між дренами 20 м та їх глибиною закладання 1,2 м було проведене глибоке розпушення ґрунту.

На дослідній ділянці гідромеліоративної системи “Печалівка” в с. Тихе Костопільського району Рівненської області кафедра гідромеліорацій та кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання НУВГП (професор В.Ф. Ткачук та аспірант А.Є. Степанюк) вивчали вплив багат шарового розпушення на водно-фізичні властивості ґрунту. Схема проведення глибокого розпушення представлена на рис. 2.6.

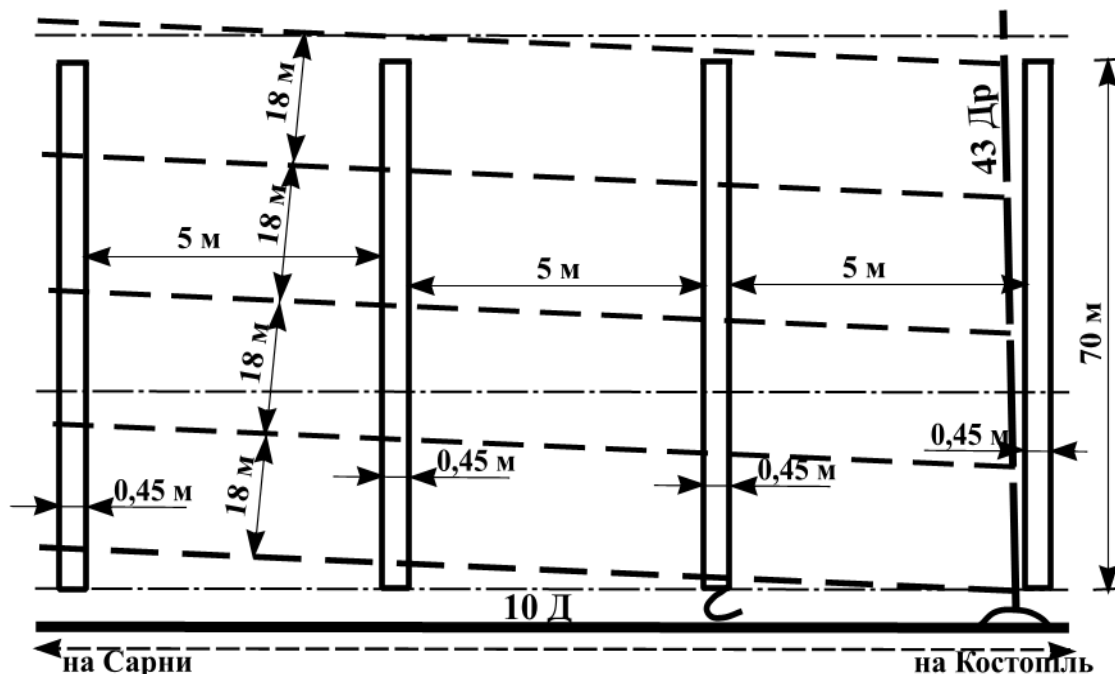


Рис. 2.6. Схема проведення глибокого розпушення на дослідній ділянці гідромеліоративної системи “Печалівка”

Розпушення на дослідній ділянці виконане упоперек дрен на глибину 0,8 м, відстань між проходами розпушувача – 5 м.

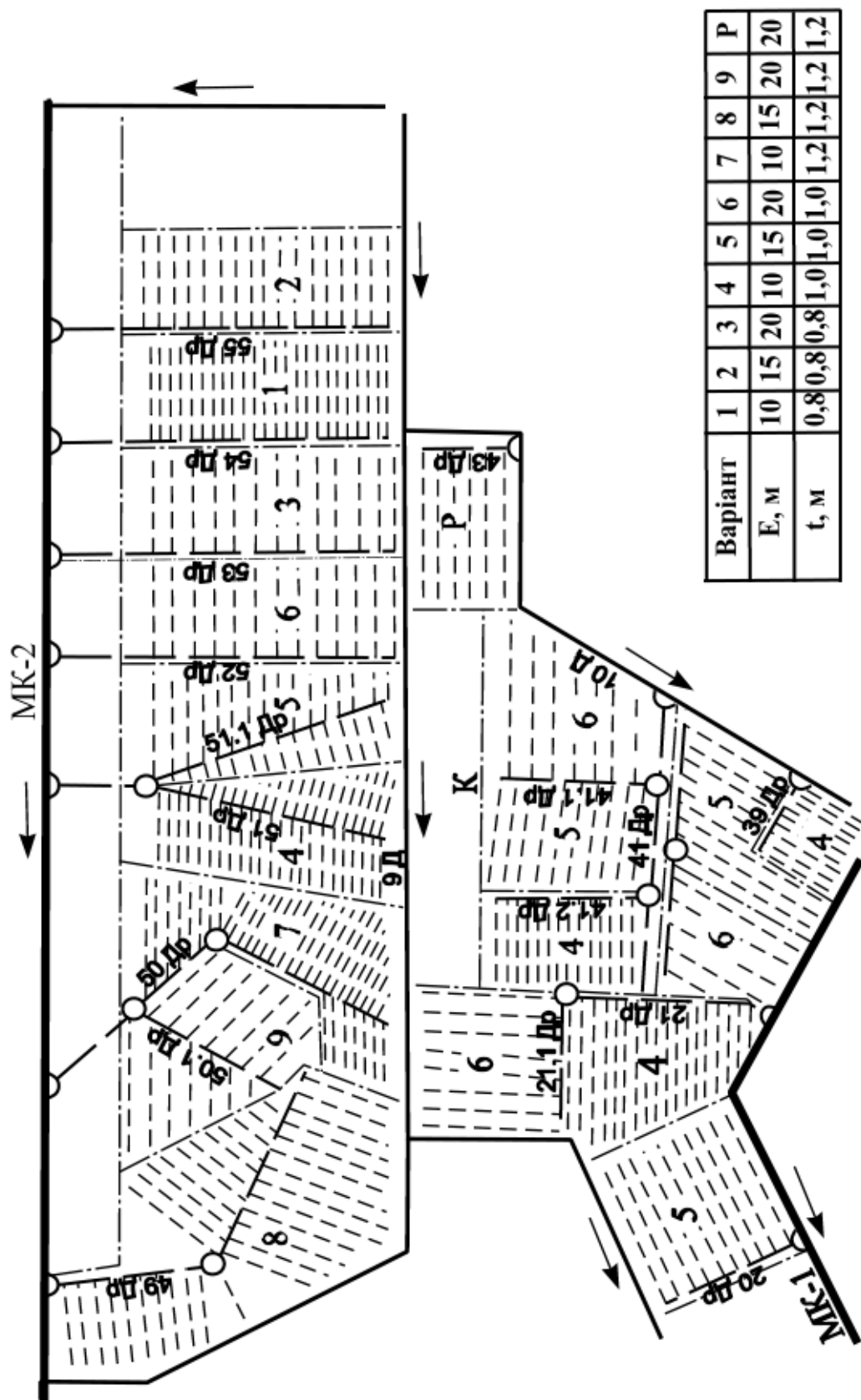


Рис. 2.5. План дослідної ділянки в ПСП “Мирне” Костопільського району Рівненської області

Ухили регулювальної дренажної мережі – в межах 0,002...0,003. Довжина дрен – 120...140 м.

Усі варіанти на дослідній ділянці виконані з урахуванням ідентичності висотного розташування. Різниця середніх відміток поверхні землі не перевищує 0,1 м.

2.6. Кліматична характеристика району досліджень

Клімат Волинського Полісся України помірно континентальний. Зима м'яка, з частими відлигами, літо тепле, з достатньою кількістю опадів.

Навесні перехід середніх добових температур повітря через 0°C спостерігаємо на початку першої – у середині другої декади березня. Середньомісячна температура березня – приблизно 0°C. Слід також враховувати, що в окремі роки середні температури березня можуть коливатися від 5...10°C морозу до 5...10°C тепла. Від квітня збільшується сонячне тепло і відбувається інтенсивне прогрівання звільненої від снігового покриву поверхні ґрунту. Середня температура квітня становить 6,5...7,0°C.

У травні продовжується інтенсивне підвищення температур. Середня температура травня на 6...7°C перевищує квітневу. Середня температура червня – 17°C, липня – 18,5°C, у серпні вже приблизно на 1°C нижча, ніж у липні.

Від вересня на території регіону починається інтенсивний спад температури. У вересні – 5...6°C, а в жовтні – 3,5...4°C. При середньомісячній температурі – приблизно 7,0...7,5°C вдень, у жовтні повітря нагрівається до 9...10°C, а вночі охолоджується до -2...-4°C.

Далі температура повітря знижується. Найхолодніший місяць – січень. Найхолодніший період зими починається приблизно 12...15 грудня і триває зазвичай 60 днів.

Середня багаторічна температура в межах області змінюється мало. За даними метеорологічної станції Сарни, середня багаторічна температура повітря району, в якому розташована дослідна осушувальна ділянка, становить 7,0°C.

Для початку весняно-польових робіт важливими є тривалість та глибина замерзання ґрунту. Стійке замерзання ґрунту триває 30-100 днів, а глибина досягає майже 60 см, найбільша – 110 см.

Розподіл норми атмосферних опадів на території Волинського Полісся України такий. Середньобагаторічна кількість опадів сягає 600...700 мм.

За даними попередніх спостережень, норма опадів для даного осушувального масиву, з поправками на покази опадоміра, становить 645 мм. Упродовж теплої пори року (квітень-жовтень) випадає 450 мм опадів, що становить майже 70 % річної норми опадів. На холодний період припадає відповідно 195 мм опадів, або 30 % від річної кількості.

У районі об'єкта бувають зливи, під час яких випадає понад 100 мм опадів. Середня тривалість бездощових періодів становить 3-5 діб. Імовірність

бездощових періодів тривалістю 40–50 діб становить 15 %.

Надлишок опадів можливий у трьох місяцях вегетаційного періоду і зазвичай має різноманітну забезпеченість упродовж місяців (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Можливість перезволоження ґрунтів у вегетаційний період

Метеостанція	Можливість перезволоження ґрунтів по місяцях року, %				
	V	VI	VII	VIII	IX
Сарни	6	25	23	10	14

Таким чином, найбільша можливість перезволоження ґрунтів припадає на червень і липень кожні 3-4 роки. У серпні і вересні це трапляється через 7-8 років, а в травні – 1 раз на 17-20 років.

З другої половини зими до початку травня спостерігаємо спочатку повільне, а потім інтенсивніше зменшення відносної вологості повітря порівняно зі значеннями, які встановлені від листопада до кінця січня (80%). У травні вологість становить 55 %. Абсолютна вологість повітря в січні, квітні, липні і жовтні сягає відповідно 4 мб, 8 мб, 16 мб та 9 мб.

Величина випаровування з земної поверхні осушуваного масиву становить в середньому 550 мм за рік. Річний хід його нерівномірний. Найменше випаровування у грудні (2...3 мм). Уже в лютому воно досягає 10...15 мм. Навесні, зі зростанням радіаційного балансу, при достатніх запасах вологи випаровування різко збільшується. Упродовж весни випаровується 180...190 мм вологи. На літній період припадають максимальні величини випаровування – майже 280 мм. Протягом осені воно зменшується з 40...45 мм у вересні до мінімальних значень.

Аналіз кліматичних, геолого-гідрогеологічних, геоморфологічних і ґрунтових умов дослідних ділянок, що розташовані в межах гідромеліоративної системи “Печалівка”, вказує на їх типовість для фізико-географічної області Волинського Полісся.

3. ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ ЗМІНИ ЇЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

3.1. Теоретичне обґрунтування впливу меліоративної системи на режими та властивості дренажних ґрунтів

Дія меліоративної системи призводить до зміни показників водного, температурного режиму ґрунту та врожайності сільськогосподарських культур, і відповідно загальносистемного ефекту.

Тому виникає необхідність у наукових розробках, які об'єднують різні знання, факти, спостереження і дозволяють бачити перспективи розвитку всієї системи [174].

Такі напрацювання дозволять ширше поставити питання меліоративного регулювання режимів і властивостей ґрунту на основі застосування таких законів ґрунтознавства, як закон рівнозначності факторів росту і розвитку рослин та закон лімітуючого фактора. Це, в свою чергу, сприятиме більш чіткому визначенню завдання меліорацій – регулювання комплексу факторів зовнішнього середовища відповідно до вимог сільськогосподарських культур з врахуванням еколого-економічних проблем.

Внесок окремих підсистем у загальну ефективність системи може бути визначений тільки шляхом спеціальної обробки фактичного матеріалу, що є в управліннях водного господарства та гідрогеолого-меліоративних експедиціях, з використанням теорії математичної статистики [174].

Меліоративна система дозволяє здійснювати процес регулювання режимів ґрунту (рис. 3.1).

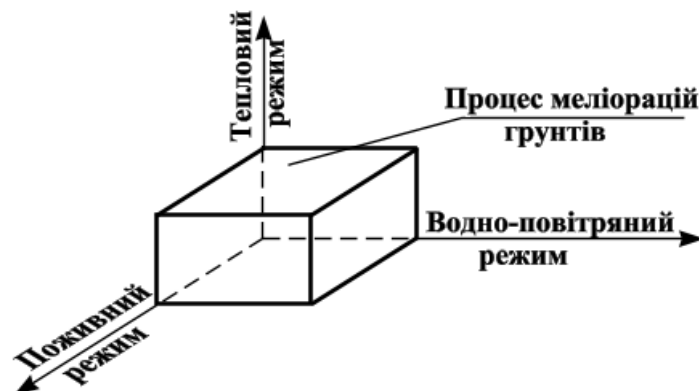


Рис. 3.1. Просторова модель процесу меліорацій ґрунтів

Як бачимо, меліорація ґрунтів, що здійснює меліоративна система, впливає на водно-повітряний, температурний та поживний режими. Зміна параметрів будь-якого з режимів ґрунту призводить до зміни інших режимів, тому результуючий вектор меліоративної дії ніколи не буде спрямований паралельно одній з осей.

У загальному вигляді меліоративну систему можна представити як цілісну, органічну, оскільки зв'язки всередині системи показують, що функції одного з її елементів мають тісний причинно-наслідковий зв'язок з функціями інших

елементів і системи в цілому (рис. 3.2).

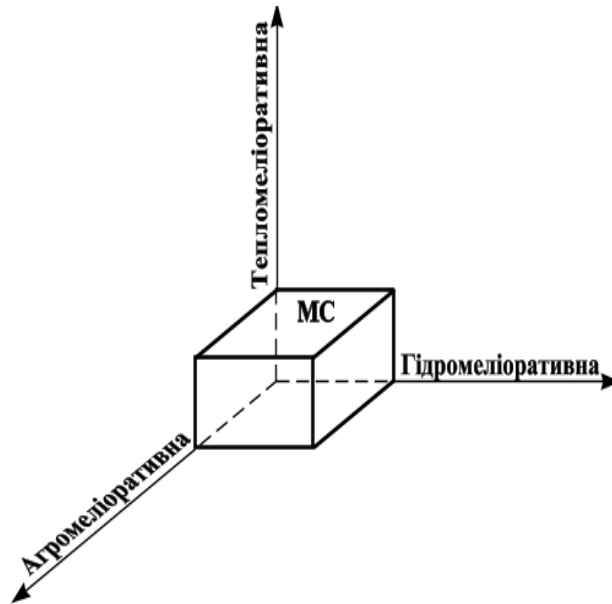


Рис. 3.2. Візуальне представлення меліоративної системи (МС)

Такий підхід до зображення меліоративної системи запозичений у Л.М. Рекса [157], але з використанням принципово інших показників моделі.

З рис. 3.2 видно, що до складу меліоративної системи входять такі елементи (підсистеми):

- агромеліоративна, гідромеліоративна, тепломеліоративна.

Меліоративна система здійснює регулювання факторів росту та розвитку рослин. Таким чином, сільськогосподарські меліорації це покращення властивостей і режимів ґрунту з метою отримання економічно виправданих урожаїв сільськогосподарських рослин за мінімальних екологічних змін.

Як відомо, для росту і розвитку рослин необхідні п'ять факторів: світло, вода, тепло, поживні речовини, повітря.

З цих факторів у широкому діапазоні не може регулюватися лише світло.

Перераховані фактори рівнозначні, тобто один з них не може бути замінений іншим. Діалектика природи показує, що обов'язково якийсь із перелічених факторів у певний період може знаходитись у мінімумі. Тобто інженерна система повинна проектуватись таким чином, щоб була змога регулювати всі фактори розвитку рослин.

Функціональну структуру процесу меліорацій, який впливає на розвиток агробіоценозу та урожайність сільськогосподарських культур, можна зобразити наступним чином (рис. 3.3).

У процесі меліорацій беруть участь гідромеліоративна, тепломеліоративна, агромеліоративна та інформаційно-дорадча підсистеми.

Гідромеліоративна підсистема (ГМС) здійснює регулювання водно-повітряного режиму ґрунту і через нього впливає на теплофізичні характеристики, мікробіологічні процеси та поживний режим ґрунту.

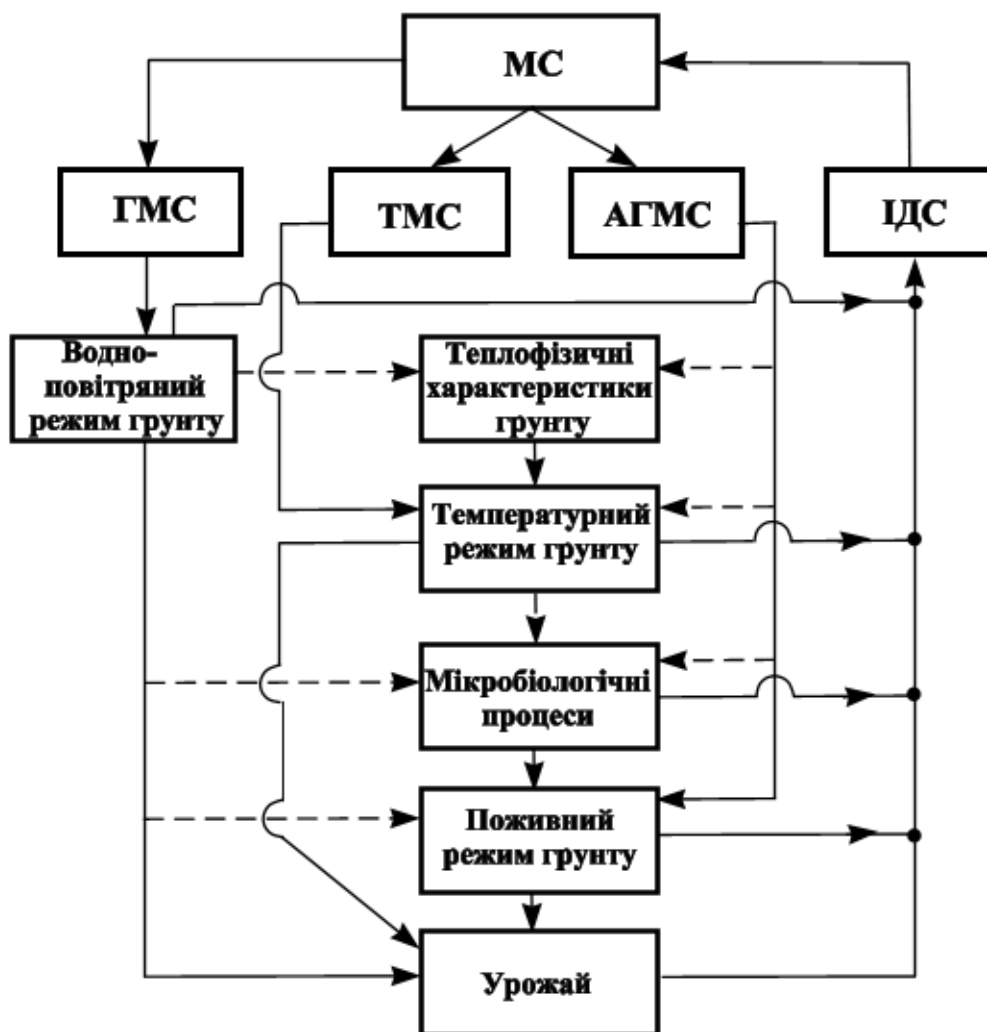


Рис. 3.3. Структура процесу виробництва сільськогосподарської продукції на меліорованих землях:

———— – активний вплив; - - - - - пасивний вплив.

Тепломеліоративна підсистема (ТМС) регулює температурний режим ґрунту.

Агромеліоративна підсистема (АГМС) регулює поживний режим та мікробіологічні процеси в ґрунті, впливає на теплофізичні характеристики та температурний режим ґрунту.

Таким чином, кожна із названих підсистем меліоративної системи регулює відповідні фактори росту та розвитку рослин і формує певний рівень врожайності сільськогосподарських культур.

Інформаційно-дорадча підсистема (ІДС) здійснює моніторинг параметрів кожного з факторів росту та розвитку рослин, а також якісних і кількісних показників урожайності сільськогосподарських культур. Результати моніторингу використовуються для розробки рекомендацій щодо управління процесом меліорацій ґрунтів [174].

Отже, дослідивши вплив меліоративної системи на режими та властивості дренажного ґрунту встановлено, що значною мірою цей вплив визначає саме гідромеліоративна система через регулювання його водно-повітряного режиму.

3.2. Методологія оцінки дії дренажної системи при зміні її технічного стану

В сучасних умовах технічний стан дренажних систем Волинського Полісся України погіршується: знижуються врожаї сільськогосподарських культур, лише на 30 % систем спостерігається сприятливий водний режим ґрунту. Ця тенденція триватиме і надалі, тому що внутрішньогосподарська мережа практично не ремонтується, підтримується у нормальному стані лише міжгосподарська мережа та споруди на ній [12].

Погіршення технічного стану дренажної системи знижує інтенсивність осушення за рахунок зменшення водозахватної здатності дрени та інтенсивності відведення води по ній.

Виникає необхідність у розробці комплексних показників оцінки дії дренажних систем в умовах зміни їхнього технічного стану.

Необхідність покращення технічного стану дренажних систем визначається з використанням таких даних (табл. 3.1): проектна відстань між дренами E_{np} та глибина їх закладання t_{np} , коефіцієнт фільтрації ґрунту K_{ϕ} , проектний q_{np} та фактичний q_{ϕ} модулі дренажного стоку, проектна T_{np} та фактична T_{ϕ} тривалості перезволоження ґрунту, сівозміна [168].

Таблиця 3.1

Вихідні дані для оцінки роботи дренажної системи

Показники	Де знайти
E_{np}, t_{np}	дані з проекту дренажної системи
$K_{\phi_{np}}, q_{np}(T_{np})$	дані з проекту дренажної системи
$K_{\phi_{фак}}, q_{\phi}(T_{\phi})$	дані моніторингу управлінь водного господарства та гідрогеолого-меліоративних експедицій
с/г використання	сівозміна

Використовуючи дані моніторингу (табл. 3.1), який здійснюють управління водного господарства та гідрогеолого-меліоративні експедиції, дається оцінка дії дренажної системи (задовільна чи незадовільна).

Ця оцінка виконується з відомого принципу, що система діє задовільно, коли фактична тривалість перезволоження менша чи дорівнює проектній $T_{\phi} \leq T_{np}$ або фактичний модуль дренажного стоку більший чи рівний проектному $q_{\phi} \geq q_{np}$. В іншому випадку ($T_{\phi} > T_{np}$ або $q_{\phi} < q_{np}$) система діє незадовільно.

У випадку незадовільної роботи дренажної системи необхідно встановити причини погіршення водовідвідної здатності та намітити заходи з покращення роботи її окремих елементів, які лімітують досягнення системою проектних показників (табл. 3.2).

**Основні причини незадовільної роботи системи та заходи
з покращення роботи її окремих елементів**

Основні причини незадовільної роботи дренажної системи	Заходи з покращення роботи її окремих елементів
- замулені оглядові колодязі, колодязі з фільтрами-поглиначами;	1. Очистка від наносів
- зруйновані гирлові споруди та арматура на дренажних колекторах;	1. Ремонт споруд
- замулені дренажні колектори (ДК);	1. Очистка ДК від мулу
- зміщення дренажних труб;	1. Ремонт лінії дренажного колектора
- несправності регулюючої мережі: а) відстані між дренами не відповідають фільтраційним властивостям ґрунту, тобто $K_{\phi_{фак}} < K_{\phi_{нр}}$;	1. Глибоке розпушення ґрунту 2. Зміна сільськогосподарського використання земель
б) замулення дренажних труб, зміщення дренажних труб, зменшення фільтраційних властивостей фільтру (замулення, завохрення)	1. Зміна сільськогосподарського використання земель 2. Реконструкція дренажної системи; 3. Ренатуралізація

Виходячи з відомих теоретичних рішень [1, 2, 108, 167, 234], відстань між дренами обернено пропорційна модулю дренажного стоку

$$\frac{E_i}{E_j} = \sqrt{\frac{q_j}{q_i}}, \quad (3.1)$$

де E_i – відстань між дренами за i -им варіантом, м;

E_j – відстань між дренами за j -им варіантом, м;

q_i – модуль дренажного стоку за i -им варіантом, л/с·га;

q_j – модуль дренажного стоку за j -им варіантом, л/с·га.

Для конкретного об'єкта проектна відстань між дренами ($E_{нр}$) повинна забезпечити проектне відведення води з розрахункового шару ґрунту ($q_{нр}$). Після „ n ” років експлуатації дренаж забезпечує відведення певної кількості води – q_{ϕ} . У цьому випадку вираз (3.1) можна записати як

$$\frac{E_{нр}}{E_{випт}} = \sqrt{\frac{q_{\phi}}{q_{нр}}}, \quad (3.2)$$

де E_{np} – проектна відстань між дренами, м; $E_{вирт}$ – віртуальна відстань між дренами, м; Q_{ϕ} – фактичний модуль дренажного стоку, л/с·га; Q_{np} – проектний модуль дренажного стоку, л/с·га.

Для оцінки роботи дренажної системи в умовах зміни її технічного стану запропоновано застосовувати коефіцієнт зміни інтенсивності осушення

$$k_{зміниін.осуш} = \sqrt{\frac{Q_{\phi}}{Q_{np}}}, \quad (3.3)$$

де $k_{зміниін.осуш}$ – коефіцієнт зміни інтенсивності осушення.

Формула (3.3) вірна за умови, що значення фактичного та проектного модулів дренажного стоку більші від нуля.

Тоді вираз (3.2) буде мати вигляд:

$$\frac{E_{np}}{E_{вирт}} = k_{зміниін.осуш}. \quad (3.4)$$

Виразимо значення модуля дренажного стоку q через тривалість перезволоження ґрунту

$$q = \frac{W}{T}, \quad (3.5)$$

де W – об'єм води в перезволоженому ґрунті, мм;

T – тривалість перезволоження ґрунту, діб.

Використавши формулу (3.5), значення коефіцієнта зміни інтенсивності осушення $k_{зміниін.осуш}$ можна знайти за формулою

$$k_{зміниін.осуш} = \sqrt{\frac{T_{np}}{T_{\phi}}}, \quad (3.6)$$

де T_{np} – проектна тривалість перезволоження ґрунту, діб;

T_{ϕ} – фактична тривалість перезволоження ґрунту, діб.

Формула (3.6) вірна за умови дотримання обмеження, що проектна та фактична тривалість перезволоження ґрунту більші від нуля.

Можливі два випадки:

- 1) коефіцієнт зміни інтенсивності осушення $k_{зміниін.осуш} \geq 1,0$;
- 2) коефіцієнт зміни інтенсивності осушення $k_{зміниін.осуш} < 1,0$.

У першому випадку фактична інтенсивність осушення достатня для

запланованого сільськогосподарського виробництва.

У другому випадку фактична інтенсивність осушення недостатня для запланованого сільськогосподарського виробництва. Виходячи з рівняння (3.2), така інтенсивність осушення забезпечується дренажем з більшою відстанню між дренами. Цю відстань між дренами назовемо віртуальною (E_{virt}).

Виходячи з наведеного вище, запишемо

$$E_{virt} = \frac{E_{np}}{k_{зміниін.осуш}}. \quad (3.7)$$

Наприклад, для однієї з дренажних систем у межах гідромеліоративної системи “Печалівка” Костопільського району Рівненської області за наявними вихідними даними: проектний модуль дренажного стоку $q_{np} = 0,7$ л/с·га при проектній відстані між дренами $E = 10$ м, тоді як фактичний модуль дренажного стоку складає $q_{\phi} = 0,16$ л/с·га. Згідно із залежністю (3.3) визначаємо коефіцієнт зміни інтенсивності осушення

$$k_{зміниін.осуш} = \sqrt{\frac{q_{\phi}}{q_{np}}} = \sqrt{\frac{0,16}{0,7}} = 0,48.$$

Тоді, використовуючи рівняння (3.7), маємо

$$E_{virt} = \frac{10}{0,48} = 21 \text{ м.}$$

Тобто, у цьому випадку інтенсивність осушення буде такою, яку забезпечує дренаж з відстанню між дренами 21 м, що більше від проектної відстані між дренами – 10 м [12].

Як відомо, різну інтенсивність осушення зумовлюють такі параметри дренажу: відстань між дренами та глибина їхнього закладання. Для розгляду спільного впливу відстаней між дренами і глибини їхнього закладання на ґрунтові режими та процеси застосовується комплексний показник – ступінь дреноування N .

Ступінь дреноування N за фізичним змістом – це тангенс кута нахилу початкової кривої депресії за умови, що рівень ґрунтової води сягає поверхні землі і збільшений вдвічі.

На стадії проекту ступінь дреноування визначається за формулою

$$N_{np} = \frac{t_{np}}{E_{np}} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

де N_{np} – проектний ступінь дреноування, %;

t_{np} – проектна глибина закладання дрен, м.

На стадії експлуатації використали фактичний ступінь дреноування, який

визначається за формулою

$$N_{\text{факт}} = N_{\text{пр}} \cdot k_{\text{змінин.осуш}}, \quad (3.9)$$

де $N_{\text{факт}}$ – фактичний ступінь дренажування, %.

Фактичний ступінь дренажування показує дію дренажної системи в реальних умовах [112, 168].

Отже, запропонована методологія дозволяє здійснити оцінку дії дренажної системи і на її основі намітити заходи для поліпшення її технічного стану.

Відомо, що запроектована дренажна система повинна забезпечувати потрібний водний режим ґрунтів, який можна характеризувати наступними критеріями:

- тривалістю періоду, коли повинен сформуватися водний режим осушуваного шару (T);
- мінімально допустимою глибиною ґрунтових вод, яка має бути забезпечена до кінця періоду осушення ($H_{\min}$);
- допустимими втратами врожаю сільськогосподарських культур від перезволоження ґрунту при формуванні потрібного водного режиму (ΔU).

При зміні технічного стану дренажних систем зі зниженням ступеня дренажування відбувається зменшення його водозабірної і водопрпускнуї здатності, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур унаслідок перезволоження ґрунтів. Саме тому необхідно теоретично дослідити доцільність використання ступеня дренажування в подальших розрахунках, показавши його місце в формулах для визначення тривалості перезволоження ґрунту та урожайності сільськогосподарських культур.

Щоб оцінити втрати врожаю сільськогосподарських культур залежно від тривалості перезволоження ґрунту, були зібрані та використані в обрахунках наявні в літературі дослідні дані з цього питання.

У зв'язку з тим, що ряд сільськогосподарських культур (озимі зернові, багаторічні трави та ін.) висіваються восени, на початку вегетації вони можуть постраждати від підтоплення, викликаного близьким заляганням рівня ґрунтових вод. Відновлення вегетації цих культур збігається з оптимальною датою сівби ранніх ярових культур, саме тому до цієї дати повинна бути забезпечена норма осушення, інакше отримаємо втрати врожаю.

Зниження врожаю вказаних вище культур більшість авторів [68, 89, 113, 116, 133, 205] пов'язують з тривалістю перезволоження розрахункового шару ґрунту. На основі своїх досліджень В.Ф. Шебеко, М.О. Лазарчук, В.Г. Муранов та В.Ф. Московченко отримали загальний вид залежності врожайності від тривалості підтоплення кореневмісного шару ґрунту

$$U = 100 - a \cdot t, \quad (3.10)$$

де U – врожайність, % від оптимального; a – емпіричний коефіцієнт; t – тривалість підтоплення ґрунту, діб.

Залежність (3.10) справедлива при $t \leq 15$ діб.

О.І. Климко та ін. [68, 226] наводять наступну залежність для визначення втрат врожаю ΔU від тривалості перезволоження кореневмісного шару ґрунту

$$\Delta U = C \cdot T^n, \quad (3.11)$$

де ΔU – втрати врожаю від перезволоження ґрунту, т/га;

C – втрати врожаю за 1 добу перезволоження, т/га·добу;

T – тривалість перезволоження ґрунту, діб;

n – параметр зв'язку.

У діапазоні втрат урожаю від 0 до 15 % можна припустити, що втрати врожаю пропорційні тривалості перезволоження ґрунту і $n = 1$ [68].

Значення втрат врожаю основних сільськогосподарських культур і угідь наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Втрати врожаю основних культур і угідь, %/діб [68]

Період дії дренажних систем	Культура, угіддя			
	природні луки та пасовища	культурні пасовища та сінокоси	зернові	картопля
ранньовесняний	1...1,5	1,5...2	3...5	—
посівний	—	—	2...3	2...3
початкові фази розвитку культур	1,5...2	3...5	5...7	10...15
основний період вегетації	3...5	5...7	5...7	13...17
збиральний період і осінньо-польові роботи	1...1,5	3...5	1,2...2	3...5

Залежність втрат врожаю основних сільськогосподарських культур від тривалості перезволоження ґрунту весною [68] зображена на рис. 3.4.

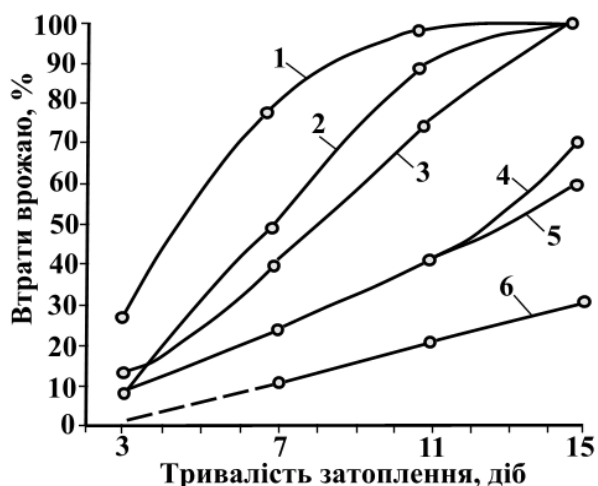


Рис. 3.4. Втрати врожаю сільськогосподарських культур від перезволоження ґрунту весною:

1 – картопля;

2 – буряк;

3 – ярі зернові;

4 – озимі зернові;

5 – багаторічні трави;

6 – однорічні лугові трави.

Найбільш сильно від перезволоження ґрунту потерпає картопля (рис. 3.4):

в період формування бульби кожна доба перезволоження знижує врожай приблизно на 10 %. Зернові культури більш стійкі до перезволоження ґрунту, ніж картопля. Однак і для зернових перезволоження кореневмісного шару ґрунту протягом п'яти діб знижує врожай зерна в середньому на 25 %. Багаторічні трави менш за все потерпають від надлишку вологи: втрати врожаю за кожен добу перезволоження не перевищують 2...3 %.

За даними П.І. Коваленка та ін. [22], перезволоження кореневмісного шару ґрунту не повинно викликати зниження врожаю сільськогосподарських культур більше ніж, на 10...20 %. Виходячи з цього, допустима тривалість перезволоження ґрунту наведена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Вплив тривалості перезволоження кореневмісного шару ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур [22]

Сільськогосподарські культури	Тривалість перезволоження, діб	
	Втрати врожаю 10 %	Втрати врожаю 20 %
Картопля	1	2
кормові та цукрові буряки, овочі та силосні культури	3	4
озимі зернові	3	5
ярі зернові	2	4
багаторічні трави	3	6
Сінокоси	7	11

Таким чином, допустима тривалість перезволоження 0,3 м шару ґрунту становить: для картоплі 1–2 доби; для кормових та цукрових буряків, овочів та силосних культур 3–4 доби; для озимих зернових 3–5 діб; для ярих зернових 2–4 доби; для багаторічних трав 3–6 діб та для сінокосів 7–11 діб.

Для обґрунтування доцільності використання показника ступеня дренажу в подальших розрахунках, застосована залежність урожайності сільськогосподарських культур від тривалості перезволоження ґрунту

$$Y = Y_o \left(1 - \frac{C \cdot T}{Y_o} \right), \quad (3.12)$$

де Y – врожайність, т/га; Y_o – врожайність при відсутності перезволоження, т/га; C – втрати врожаю за 1 добу перезволоження, т/га·добу; T – тривалість перезволоження ґрунту, діб.

Тривалість перезволоження ґрунту можна визначити з формули Г.І. Сапсая [110]

$$E = A \cdot \sqrt{\frac{K_\phi}{\beta}} \cdot K_T \cdot K_t \cdot K_\alpha, \quad (3.13)$$

де A – емпіричний параметр, який залежить від річної норми атмосферних

опадів;

K_ϕ – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/добу;

β – коефіцієнт водовіддачі;

K_T – коефіцієнт, який залежить від тривалості перезволоження ґрунту [108];

$$K_T = 0,35 \cdot \sqrt{T}, \quad (3.14)$$

де T – тривалість перезволоження ґрунту, діб;

K_t – коефіцієнт, який залежить від глибини закладання дрен;

K_α – коефіцієнт, який залежить від глибини залягання водотриву.

Підставивши в формулу (3.13) значення K_T з виразу (3.14), отримаємо

$$E = A \cdot \sqrt{\frac{K_\phi}{\beta}} \cdot 0,35\sqrt{T} \cdot K_t \cdot K_\alpha. \quad (3.15)$$

З формули (3.15) визначаємо тривалість перезволоження ґрунту

$$T = \frac{\beta \cdot E^2}{0,12 \cdot K_\phi \cdot K_t^2 \cdot K_\alpha^2 \cdot A^2}. \quad (3.16)$$

Використовуючи рівняння (3.12) і (3.16), отримуємо:

$$Y = Y_o \cdot \left(1 - \frac{C}{Y_o} \cdot \left(\frac{\beta \cdot E^2}{0,12 \cdot K_\phi \cdot K_t^2 \cdot K_\alpha^2 \cdot A^2} \right) \right). \quad (3.17)$$

Позначивши через η вартість одиниці врожаю, можна легко отримати вираз вартості продукції з 1 га залежно від відстані між дренами

$$ВП = \eta \cdot Y_o \cdot \left[1 - \frac{C}{Y_o} \cdot \left(\frac{\beta \cdot E^2}{0,12 \cdot K_\phi \cdot K_t^2 \cdot K_\alpha^2 \cdot A^2} \right) \right]. \quad (3.18)$$

З формули (3.18) випливає, що вартість валової продукції значною мірою залежить у даному випадку від відстаней між дренами і коефіцієнту K_t .

Величину K_t визначаємо за формулою [117]

$$K_t = \sqrt{\frac{(t - H_{noc}) \cdot (t - u)}{(t_\phi - H_{noc}) \cdot (t_\phi - u)}}, \quad (3.19)$$

де K_t – коефіцієнт, який залежить від глибини закладання дрен;

t – глибина закладання дрен, м;

H_{noc} – посівна норма осушення, м;

u – початкове положення рівня ґрунтових вод, м;

t_ϕ – фіксована глибина закладання дрена, м.

Після перетворень рівняння (3.19) має вигляд:

$$K_t = 1,18 \cdot \sqrt{t \cdot (t - H_{noc})}. \quad (3.20)$$

Підставивши вираз (3.20) у рівняння (3.16) та (3.17), отримаємо

$$T = \frac{\beta \cdot E^2}{0,12 \cdot K_\phi \cdot 1,18^2 \cdot t \cdot (t - H_{noc}) \cdot K_\alpha^2 \cdot A^2}; \quad (3.21)$$

$$Y = Y_o \cdot \left[1 - \frac{C}{Y_o} \cdot \left(\frac{\beta \cdot E^2}{0,12 \cdot K_\phi \cdot 1,18^2 \cdot t \cdot (t - 0,6) \cdot K_\alpha^2 \cdot A^2} \right) \right]. \quad (3.22)$$

Далі в наступних перетвореннях (3.21–3.22) використаємо комплексний показник – ступінь дренажування

$$N = \frac{t}{E}, \quad (3.23)$$

де N – ступінь дренажування, виражений як частка від 1,0.

Якщо значення N з формули (3.23) представити як частку від 1,0, то рівняння (3.21) і (3.22) будуть мати вигляд:

$$T = \frac{\beta \cdot E}{a \cdot K_\phi \cdot A^2 \cdot K_\alpha^2 \cdot N \cdot (t - H_{noc})}; \quad (3.24)$$

$$Y = Y_o \cdot \left[1 - \frac{C}{Y_o} \cdot \left(\frac{\beta \cdot E}{a \cdot K_\phi \cdot A^2 \cdot K_\alpha^2 \cdot N \cdot (t - H_{noc})} \right) \right], \quad (3.25)$$

де T – тривалість перезволоження ґрунту, діб;

Y – врожайність, т/га;

Y_o – врожайність при відсутності перезволоження, т/га;

C – втрати врожаю за 1 добу перезволоження, т/га·добу;

β – коефіцієнт водовіддачі;

E – відстань між дренами, м;

t – глибина закладання дрена, м;

a, A – емпіричні коефіцієнти;

K_ϕ – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

K_{α} – коефіцієнт, який залежить від глибини залягання водотриву;

N – ступінь дренажу, виражений як частка від 1,0;

H_{noc} – посівна норма осушення, м.

Як бачимо з рівнянь (3.24) і (3.25), ступінь дренажу при інших показниках (фільтраційні властивості ґрунту, відстань між дренами та глибина їх закладання та ін.) буде визначальним при визначенні терміну перезволоження ґрунту і відповідно буде впливати на зниження врожайності сільськогосподарських культур. Отже, чим більший ступінь дренажу, тим менші тривалість перезволоження ґрунту та втрати врожаю, отже більший рівень врожайності сільськогосподарських культур.

4. ВПЛИВ СТУПЕНЯ ДРЕНУВАННЯ НА ГІДРОТЕРМІЧНИЙ РЕЖИМ ДРЕНОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ҐРУНТІВ

Погіршення умов відведення надлишкової вологи з активного шару ґрунту порівняно з проектними показниками призводить до збільшення тривалості перезволоження верхніх шарів ґрунту та погіршення температурного режиму, особливо у весняний період.

4.1. Оцінка ефективності використання дренажних мінеральних ґрунтів Волинського Полісся України

Як відомо, досягнення на меліорованих землях проектної врожайності сільськогосподарських культур передусім залежить від застосування комплексу гідротехнічних, агро меліоративних та агротехнічних заходів [20, 67, 85, 163, 167]. Однак сьогодні на землях Волинського Полісся спостерігається чітка тенденція зменшення врожайності вирощуваних культур.

Для оцінки стану осушених сільськогосподарських угідь проведено багаторічні спостереження за врожайністю різних сільськогосподарських культур на дослідній ділянці, розташованій у межах гідромеліоративної системи “Печалівка” Костопільського району Рівненської області.

Багаторічні спостереження за врожайністю сільськогосподарських культур, які вирощувались на дренажних дерново-підзолистих глейових ґрунтах вказаної дослідної ділянки, дають змогу оцінити стан осушених сільськогосподарських угідь і встановити причини зниження продуктивності цих ґрунтів на території Волинського Полісся України, де вони мають значне розповсюдження.

За даними багаторічних спостережень, проведених на дослідній ділянці гідромеліоративної системи “Печалівка” в ПСП “Мирне”, та даних Костопільського МУВР [136] побудовано графіки зміни величини середньої врожайності впродовж 1990–2008 рр. [173] (див. рис. 4.1, 4.2, 4.3).

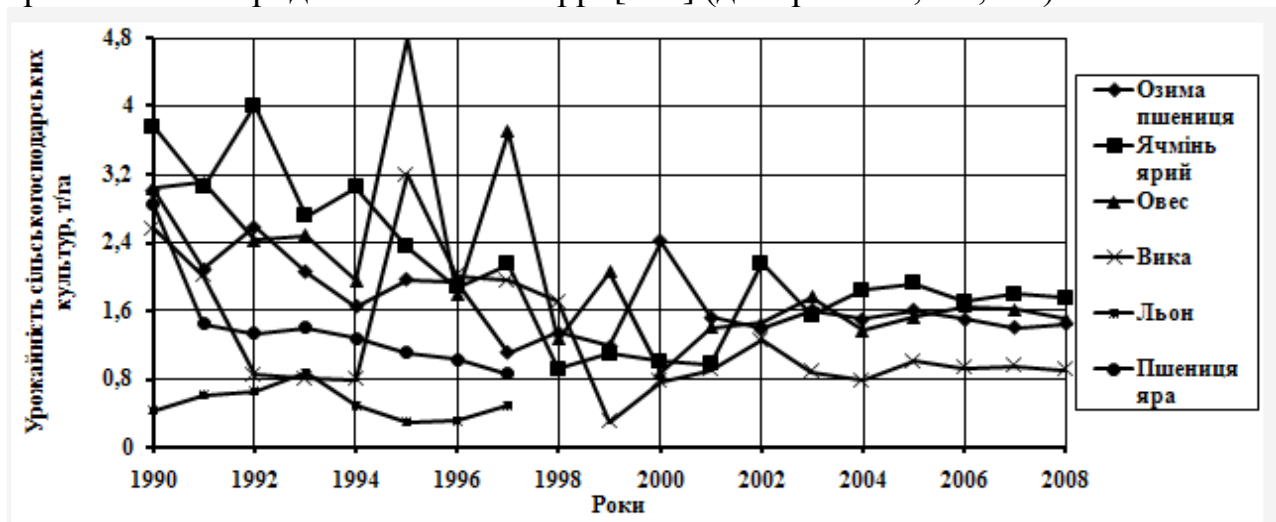


Рис. 4.1. Зміна величини середньої врожайності озимої пшениці, ячменю ярого, вівса, вики, льону, пшениці ярої у ПСП “Мирне”

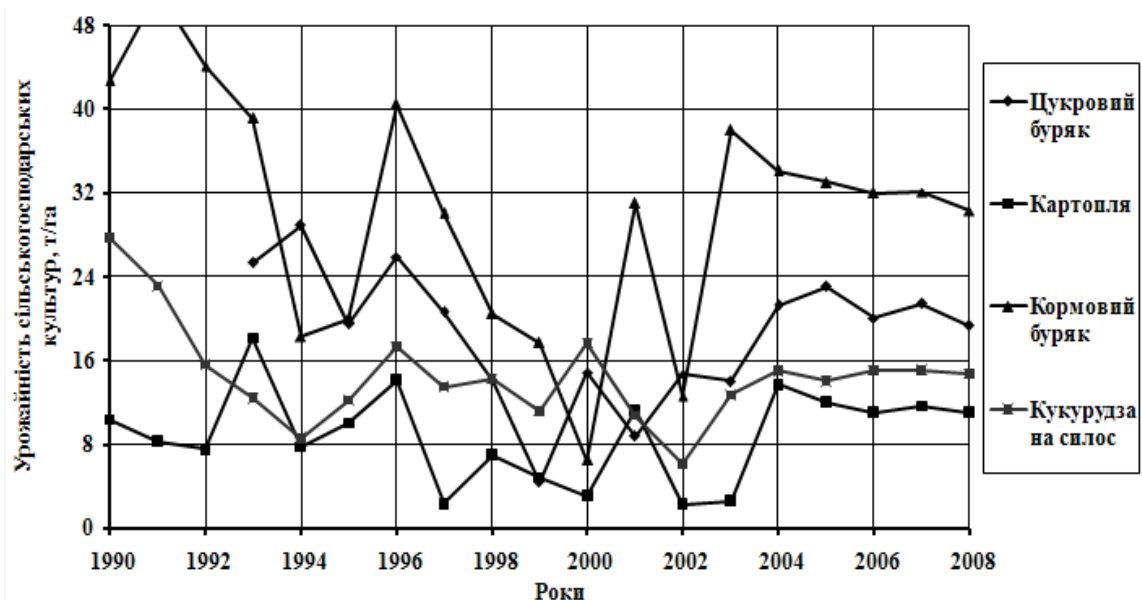


Рис. 4.2. Зміна величини середньої врожайності цукрового буряку, картоплі, кормового буряку та кукурудзи на силос у ПСП "Мирне"

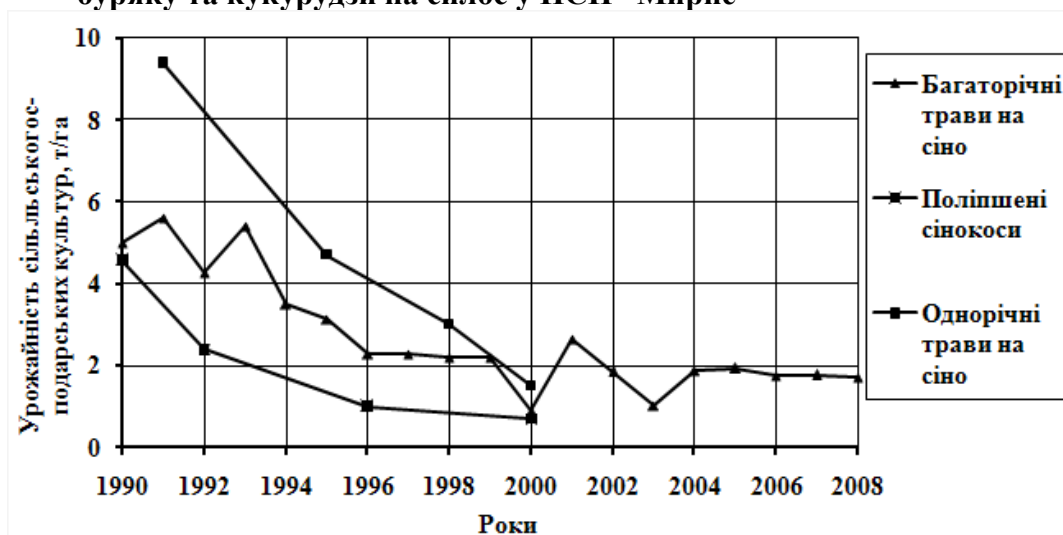


Рис. 4.3. Зміна величини середньої врожайності однорічних і багаторічних трав на сіно та поліпшених сінокосів у ПСП "Мирне"

На графіках (рис. 4.1–4.3) видно достатньо великий спад середньої врожайності сільськогосподарських культур, починаючи з 1992 р. У 2008 р. середня врожайність порівняно з 1992 р. знизилась: для поліпшених сінокосів – у 5 разів, однорічних трав на сіно – 4,5 рази, багаторічних трав на сіно – утричі, ярого ячменю – майже вдвічі, вівса та кукурудзи на силос – в 1,7 рази, озимої пшениці – в 1,6 рази, цукрового та кормового буряку – в 1,5 рази, вики – в 1,4 рази. Так, тільки для льону та картоплі спостерігається відносно стабільна величина середньої врожайності сільськогосподарських культур, хоча й вона не є достатньо високою. Низький рівень урожайності сільськогосподарських культур спостерігається і на даний час.

Виникає питання: які причини такого різкого зменшення продуктивності сільськогосподарських угідь цього регіону?

Як відомо, дерново-підзолисті ґрунти характеризуються відносно невисокою природною родючістю та буферністю та, як правило, мають кислу

реакцію середовища і періодично потребують хімічної меліорації. Вапно не лише нейтралізує надлишкову кислотність, але й забезпечує рослини кальцієм, якого мало в дерново-підзолистих ґрунтах. За нормалізації ґрунтового розчину рослини більш інтенсивно поглинають поживні речовини з ґрунтів і мінеральних добрив.

Так, ще в недалекому минулому інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжувалась ростом хімізації та норм внесення мінеральних добрив. Упродовж 30 років, починаючи з середини шістдесятих років, внесення мінеральних добрив призвело до помітних змін властивостей та рівня окультурення ґрунтів Полісся.

Поступовий ріст рівня ефективної родючості та окультурення ґрунтів у період від 60-х до 90-х років зумовлений ростом обсягів добрив, що застосовувались. Кількість добрив у колективних господарствах з 1970 по 1990 р. зросла вдвічі [20].

Після 1990 р. відбулося різке зниження застосування добрив. Так, у 2006 р. внесення на 1 га посівних площ мінеральних добрив скоротилось майже у 10 разів, органічних добрив – у 6 разів, зменшились й обсяги вапнування кислих ґрунтів – майже у 50 разів порівняно з 1991 р. Таке зниження застосування добрив за останні роки сприяло і регресивному окультуренню ґрунтів цього регіону. Разом з тим, знизились індекси за вмістом фосфору вдвічі, калію – в 1,6 рази, гумусу – в 1,8 рази. А відтак індекс окультурення знизився з 32...40 до 26...27 балів [20]. Погіршення економічної ситуації та пов'язане з цим скорочення застосування різного роду засобів та прийомів сприяло розвитку деградаційних процесів, які супроводжуються зниженням загального рівня окультурення та прогресивною дегуміфікацією ґрунтів, що й призвело до зменшення середньої врожайності сільськогосподарських культур на землях Волинського Полісся України.

Отже, серед причин погіршення продуктивності сільськогосподарських угідь вказаного регіону, крім зменшення обсягів хімізації, внесення добрив та спаду рівня окультурення ґрунтів, є погіршення технічного стану меліоративних систем. Так, починаючи з 1992 р., площі осушувальних систем, що знаходяться в незадовільному стані, зростають щороку на 15...20 тис. га лише на території Волинського Полісся України. Цьому негативному процесові багато в чому сприяє різке зниження в останні роки обсягів ремонтно-експлуатаційних робіт. Через брак коштів майже не виконуються вкрай необхідні агроеліоративні заходи.

Натурні обстеження ряду меліоративних систем Волинського Полісся України та дані управліннь водного господарства свідчать, що на 14 % цих систем відбувається погіршення їхнього технічного стану. Це викликано незадовільною роботою гончарного дренажу та споруд на ньому (зруйновані, засипані оглядові колодязі та гирла), а також незадовільною роботою відкритої провідної мережі (замулені й деформовані канали). Використання цих земель під сівозміни, що передбачено проектом, є проблематичним унаслідок незабезпечення біологічно оптимального водного режиму дерново-підзолистих ґрунтів, особливо у вологі роки.

Інші меліоративні системи (86 %) перебувають на нижній межі задовільного технічного стану завдяки проведенню певних робіт на міжгосподарській мережі з їхнього поточного ремонту. Слід відзначити, що ці роботи виконано за кошти державного бюджету. Землевласники для ремонту та утримання внутрішньогосподарської мережі не виділяють кошти. А відтак експлуатаційно-ремонтні роботи на осушувальній мережі не проводились, що, в свою чергу, негативно впливає на роботу всієї гідромеліоративної системи, а відповідно, і на продуктивність меліорованих земель.

Однак складова зниження врожайності сільськогосподарських культур через погіршення технічного стану дренажних систем не перевищує 15...20 %, що дає змогу великою мірою використовувати дані системи.

Таким чином, очевидно, що однією з причин зниження продуктивності сільськогосподарських угідь цього регіону, крім зменшення обсягів хімізації, внесення добрив та спаду рівня окультурення ґрунту є погіршення технічного стану дренажних систем [173].

4.2. Водний режим дренованих мінеральних ґрунтів Волинського Полісся України

Одним із основних компонентів водного балансу дренованих мінеральних ґрунтів є дренажний стік. В умовах Волинського Полісся України дренажний стік з дренованих територій має яскраво виражений періодичний характер, обумовлений значною зміною метеорологічних умов [13].

Розподіл середнього значення об'єму дренажного стоку за сезонами року такий: навесні відводиться 58,7 мм води чи 51 % від річного об'єму, взимку – 15 мм чи 13 %, восени – 22,5 мм чи 19,5 % і влітку – 19 мм чи 16,5 % (рис. 4.4).

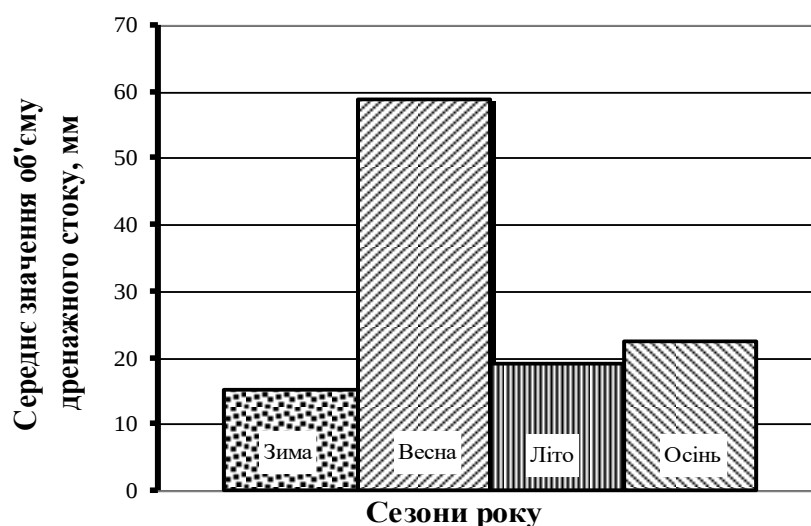


Рис. 4.4. Розподіл середнього значення об'єму дренажного стоку за сезонами року

Розподіл середньої тривалості дренажного стоку за дослідний період також визначається гідрометеорологічними факторами (рис. 4.5).

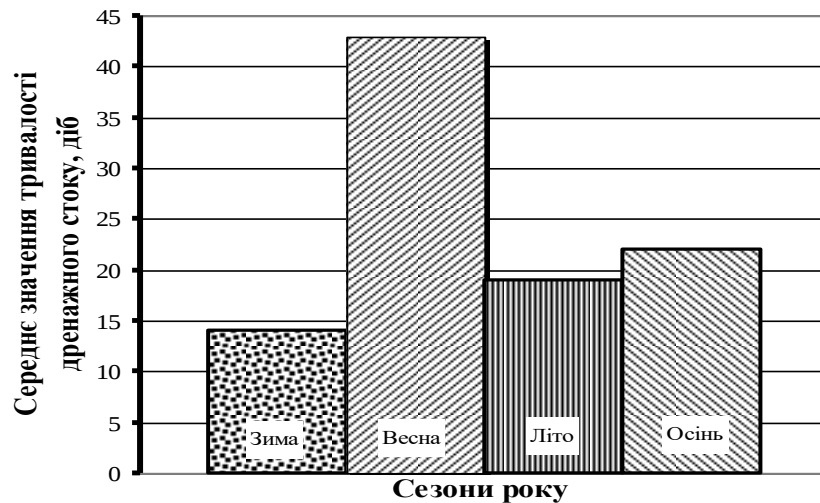


Рис. 4.5. Середня тривалість дренажного стоку за сезонами року

З рис. 4.5 видно, що найбільша середня тривалість дренажного стоку складає 43 доби у весняний період року, а найменша – 14 діб взимку. Максимальна середня тривалість дренажного стоку спостерігається у квітні – 23 доби, мінімальна – у січні-грудні – до 4 діб.

Однак у реальних умовах величини об'єму і тривалості дренажного стоку істотно відрізняються від середніх значень. Так, за дослідний період тривалість стоку коливалась в межах 30...250 діб, а об'єм – 40...190 мм. Крім того, змінюється і внутрішньорічний розподіл. Якщо у вологі роки весняний і літній стік складають відповідно біля 50 і 40 %, то в сухі роки весною він сягає більше 70 %, а на літо – менше 10 % об'єму річного стоку.

Відомо, що у випадку погіршення технічного стану дренажних систем значний вплив на дренажний стік здійснює інтенсивність дренажу ґрунту. При зменшенні ступеня дренажу спостерігається послаблення водовідвідної дії дренажу. Ступінь дренажу може набувати значень від 4 % до 12 %.

За даними багаторічних спостережень, проведених на дослідній ділянці, отримано зв'язок середніх добових модулів дренажного стоку з забезпеченістю P при ступенях дренажу рівних 12, 8, 6 % (рис. 4.6).

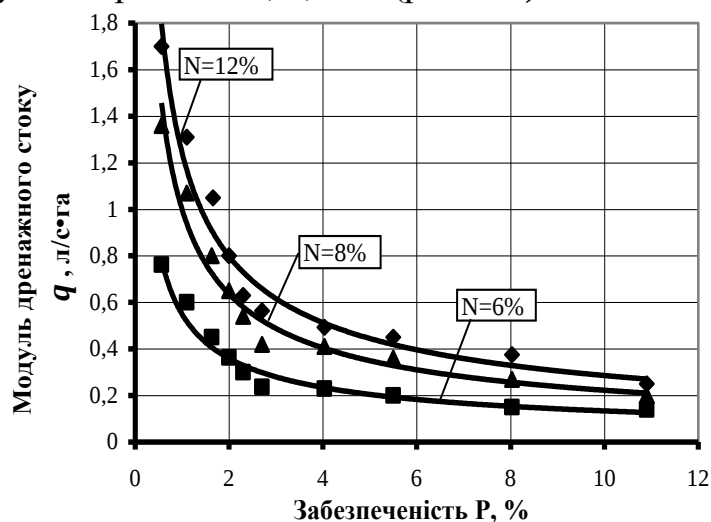


Рис. 4.6. Криві забезпеченості середніх добових модулів дренажного стоку при різних значеннях ступеня дренажу для вологого року

Як бачимо, зі зменшенням ступеня дренажу спостерігається зниження величин модулів дренажного стоку. При зміні N з 12 до 6 % модулі дренажного стоку знижуються при забезпеченості $P=0,5$ % – у 2,2 рази, $P=2$ % – у 2,1 рази, $P=11$ % – у 2 рази.

Зв'язок середніх добових величин дренажного стоку із забезпеченістю P при ступенях дренажу $N=12$ %, $N=8$ % та $N=6$ % описується такими рівняннями:

при $N=12$ %

$$q_{N=12\%} = \frac{1,24}{P^{0,64}}; \quad (4.1)$$

при $N=8$ %

$$q_{N=8\%} = \frac{0,99}{P^{0,65}}; \quad (4.2)$$

при $N=6$ %

$$q_{N=6\%} = \frac{0,55}{P^{0,61}}, \quad (4.3)$$

де $q_{N=12\%}$, $q_{N=8\%}$, $q_{N=6\%}$ – модулі дренажного стоку на варіантах дренажу з ступенями дренажу 12, 8 та 6 % відповідно, л/с·га;

P – забезпеченість, %.

Загальний вид рівняння, що характеризує зв'язок модуля дренажного стоку із забезпеченістю та ступенем дренажу, має вигляд:

$$q = 0,09 \cdot P^{-0,63} \cdot N^{1,1}, \quad (4.4)$$

де N – ступінь дренажу, %.

Кореляційні відношення отриманих рівнянь (4.1–4.4) коливаються в межах 0,97...0,98, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними величинами.

Аналізуючи вплив відстаней між дренами на тривалість дренажного стоку в контексті погіршення технічного стану осушувальних систем, слід відзначити тенденцію до її зменшення при збільшенні E . За роки досліджень зміна відстаней між дренами з 10 до 20 м сприяла зменшенню тривалості стоку на 29 діб чи на 30 % від середньорічної [169].

Глибина закладання дренажів, як і відстань між дренами, також певною мірою впливає на дренажний стік. Так, при погіршенні технічного стану осушувальних систем зменшення глибини дренажу сприяє зниженню тривалості та об'єму дренажного стоку.

Це підтверджують графіки залежностей приростів основних характеристик дренажного стоку (тривалості та об'єму) від зміни глибини закладання дренажу (з $t=0,8$ м по $t=1,4$ м) для вологих років (рис. 4.7–4.8).

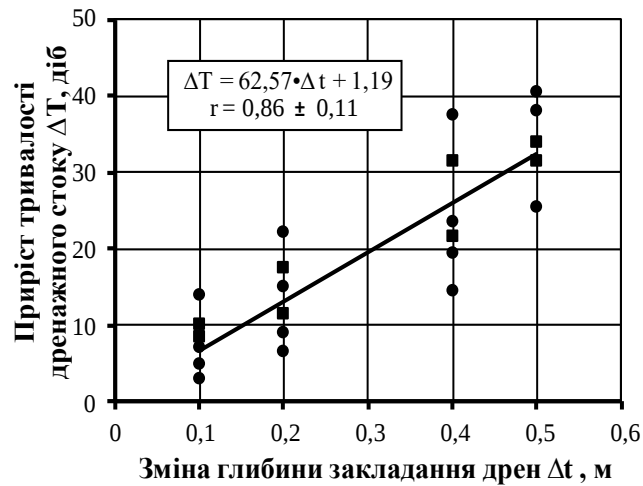


Рис. 4.7. Вплив зміни глибини закладання дрен на приріст тривалості дренажного стоку

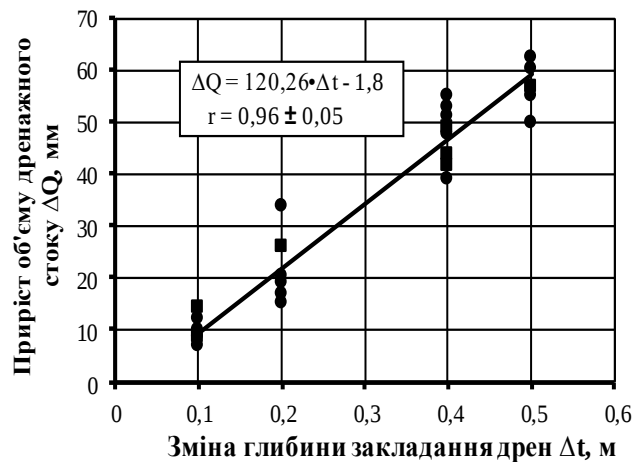


Рис. 4.8. Вплив зміни глибини закладання дрен на приріст об'єму дренажного стоку

Таким чином, в умовах вологих років зменшення глибини закладання дрен від 0,5 до 0,1 м сприяє зниженню тривалості річного стоку на 25 діб й об'єму стоку – на 48 мм чи на 28 і 45 % від їхніх середніх значень.

Для розгляду спільного впливу відстаней між дренами і глибини їх закладання на приріст тривалості й об'єму дренажного стоку використали комплексний показник – приріст ступеню дренажування ΔN .

Аналіз зв'язку приростів тривалості та об'єму дренажного стоку з приростом ступеня дренажування виконаний для трьох вологих років та графічно зображений на рис. 4.9–4.10.

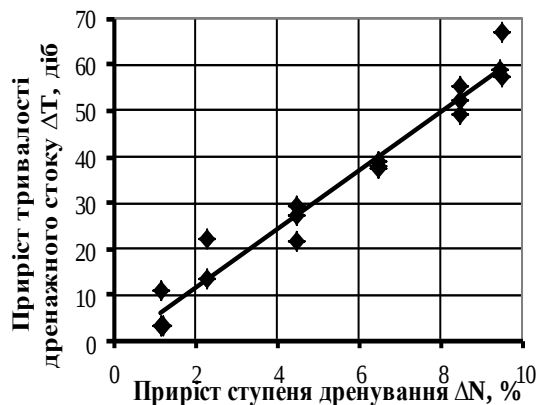


Рис. 4.9. Вплив приросту ступеня дренажування на величину приросту тривалості дренажного стоку

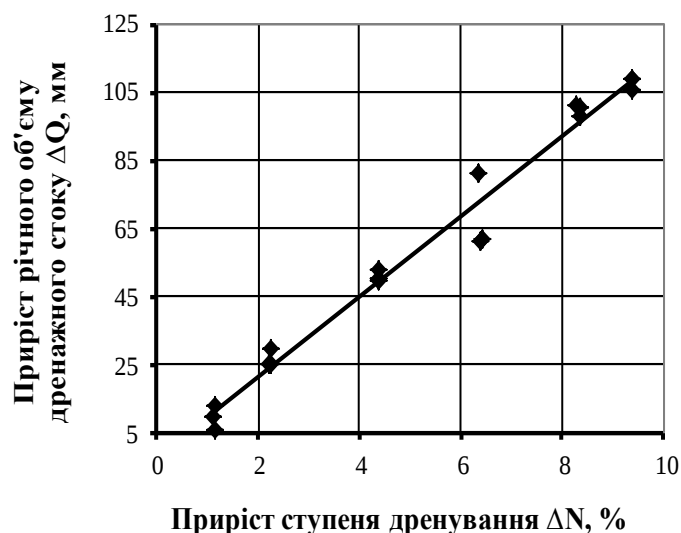


Рис. 4.10. Вплив приросту ступеня дренажу на величину приросту об'єму дренажного стоку

Проаналізувавши рис. 4.9–4.10, можна зробити висновок, що у випадку погіршення технічного стану дренажних систем, при зменшенні приросту ступеня дренажу з 9,5 до 1 % спостерігається зниження значень приросту тривалості дренажного стоку в 19 разів та його річного об'єму – у 18 разів.

При цьому зв'язок приросту тривалості й об'єму річного дренажного стоку з приростом ступеня дренажу описується рівняннями:

$$\Delta T = 6,38 \cdot \Delta N - 1,31; \quad (4.5)$$

$$\Delta Q = 11,83 \cdot \Delta N - 2,4, \quad (4.6)$$

де ΔT – приріст тривалості річного дренажного стоку, діб;

ΔQ – приріст об'єму річного дренажного стоку, мм;

ΔN – приріст ступеня дренажу, %.

Отже, кількісно оцінивши вплив параметрів дренажу на інтенсивність відводу гравітаційної вологи при погіршенні технічного стану дренажних систем встановлено, що зі зменшенням N з 12 до 6 % модулі дренажного стоку знижуються дещо більше ніж в 2 рази.

Параметри дренажу, відстань між дренами та глибина їх закладання, відіграють основну роль серед штучних факторів регулювання рівнів ґрунтових вод дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України [10].

Відомо, що при погіршенні технічного стану дренажних систем відбувається зменшення величини інтенсивності осушення. У цьому випадку спостерігається чітка тенденція до погіршення зарегульованості ґрунтових вод [231].

Це можна наочно спостерігати на графіку залежності екстремальних значень рівнів ґрунтових вод від ступеня дренажу в різні за вологозабезпеченістю роки досліджень (рис. 4.11).

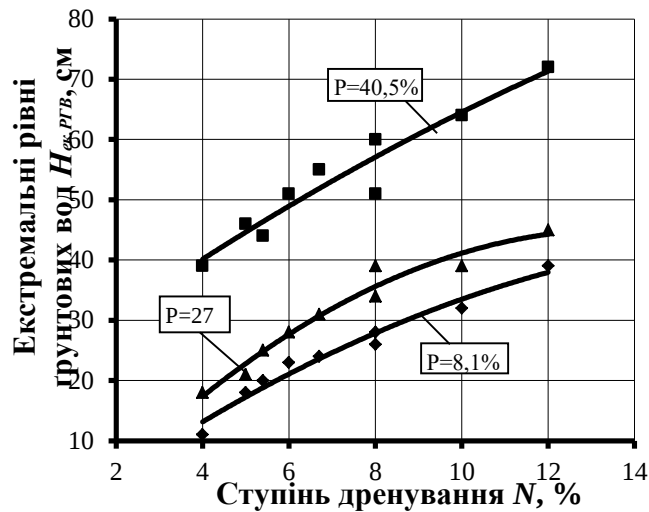


Рис. 4.11. Екстремальні рівні ґрунтових вод залежно від ступеня дренажу

З рис. 4.11 видно, що при зниженні ступеня дренажу N спостерігається більш високе положення рівня ґрунтових вод (РГВ) на осушуваній ділянці. При зменшенні N з 12 до 4 % екстремальні рівні ґрунтових вод підвищились: для року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=40,5$ % у 1,8 рази, з $P=27$ % – у 2,5 рази, з $P=8,1$ % – у 3 рази.

Обробка даних спостережень (рис. 4.11) дозволила встановити характер і тісноту зв'язку між ступенем дренажу та екстремальним значенням рівня ґрунтових вод при різних забезпеченості атмосферних опадів:

при $P=40,5$ %

$$H_{екс.РГВ} = -0,08 \cdot N^2 + 5,24 \cdot N + 20,52 ; \quad (4.7)$$

при $P=27$ %

$$H_{екс.РГВ} = -0,3 \cdot N^2 + 8,15 \cdot N - 10,46 ; \quad (4.8)$$

при $P=8,1$ %

$$H_{екс.РГВ} = -0,15 \cdot N^2 + 5,42 \cdot N - 6,24 , \quad (4.9)$$

де $H_{екс.РГВ}$ – екстремальні рівні ґрунтових вод, см.

Загальний вид рівняння, що характеризує зв'язок екстремальних рівнів ґрунтових вод зі ступенем дренажу та різною забезпеченістю атмосферними опадами, має вигляд:

$$H_{екс.РГВ} = 5,67 N - 1,25 P - 0,18 N^2 + 0,04 P^2 - 0,02 N \cdot P - 0,17 , \quad (4.10)$$

де P – забезпеченість атмосферними опадами, %.

Кореляційні відношення отриманих залежностей коливаються в межах 0,92...0,99, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними величинами.

За даними спостережень побудовано графік впливу відстаней між дренами на тривалість стояння рівня ґрунтових вод у верхніх ґрунтових горизонтах при глибині закладання дрен 1,0 м для весняного періоду року з забезпеченістю атмосферними опадами $P=10$ % (рис. 4.12).

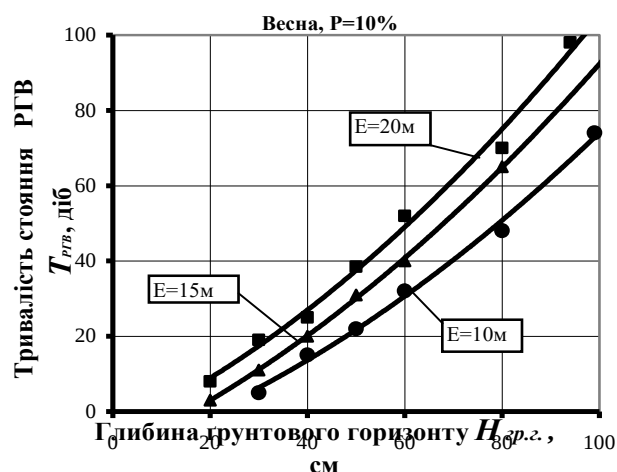


Рис. 4.12. Вплив відстаней між дренами на тривалість стояння РГВ у верхніх ґрунтових горизонтах при $t=1,0$ м для весняного періоду року ($P=10\%$)

В умовах погіршення технічного стану дренажних систем із збільшенням відстані між дренами тривалість підтоплення горизонтів дерново-підзолистого глейового ґрунту зростає. Так, для весняного періоду року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10\%$ на варіанті дренажу з глибиною його закладання $t=1,0$ м при збільшенні відстані між дренами з 10 до 20 м тривалість стояння рівня ґрунтових вод у горизонті 0...100 см зростає: при $E=10$ м – 53 доби, $E=15$ м – 60 діб та $E=20$ м – 69 діб. У випадку погіршення технічного стану дренажних систем спостерігалось підтоплення орного шару дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту при збільшенні відстаней між дренами: з 10 до 15 м – на 3 доби, з 15 до 20 м – на 8 діб.

За допомогою кореляційно-регресійного аналізу встановлено ряд залежностей між вказаними величинами та визначені кореляційні відношення для кожного з цих рівнянь (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Рівняння регресії та кореляційні відношення зв'язку тривалості стояння РГВ у верхніх ґрунтових горизонтах при $t=1,0$ м та при різних значеннях E

E , м	Рівняння регресії	η , %
20	$T_{РГВ} = 0,005 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,61 \cdot H_{гр.г.} - 5,18$	$0,99 \pm 0,04$
15	$T_{РГВ} = 0,004 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,6 \cdot H_{гр.г.} - 10,8$	$0,99 \pm 0,04$
10	$T_{РГВ} = 0,004 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,45 \cdot H_{гр.г.} - 10,84$	$0,99 \pm 0,04$

Примітки. 1. $T_{РГВ}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод, діб;

2. $H_{гр.г.}$ – глибина ґрунтового горизонту, см.

Загальний вид рівняння, що характеризує зв'язок тривалості стояння рівнів ґрунтових вод з відстанню між дренами та глибиною ґрунтового горизонту, має вигляд:

$$T_{РГВ} = 0,19H_{гр.г.} + 0,6E + 0,004H_{гр.г.}^2 - 0,01E^2 + 0,03H_{гр.г.} \cdot E - 16,41. \quad (4.11)$$

Для весняного періоду року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10\%$ зв'язок впливу довжини регулюючої мережі на тривалість підтоплення

верхніх ґрунтових горизонтів при $t=1,0$ м описується криволінійними залежностями:

горизонт 0...60 см

$$T_{n\partial m(0...60)} = 75,23 \cdot e^{-0,001\xi}; \quad (4.12)$$

горизонт 0...50 см

$$T_{n\partial m(0...50)} = 63,34 \cdot e^{-0,0013\xi}; \quad (4.13)$$

горизонт 0...30 см

$$T_{n\partial m(0...30)} = 47,87 \cdot e^{-0,0025\xi}, \quad (4.14)$$

де $T_{n\partial m(0...60)}$, $T_{n\partial m(0...50)}$ й $T_{n\partial m(0...30)}$ – тривалість підтоплення ґрунтових горизонтів відповідно 0...60 см, 0...50 см і 0...30 см, діб;

ξ – довжина регулюючої мережі на 1 га осушуваної площі, м/га.

Кореляційні відношення наведених рівнянь досить високі: $\eta=0,98...0,99$.

Потрібно відзначити, що глибина закладання дрена, як і відстань між дренами в умовах погіршення технічного стану дренажних систем, також відіграє дуже важливу роль у збільшенні тривалості стояння РГВ в активному шарі дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту у весняний період року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10$ % при відстані між дренами $E=20$ м (рис. 4.13).

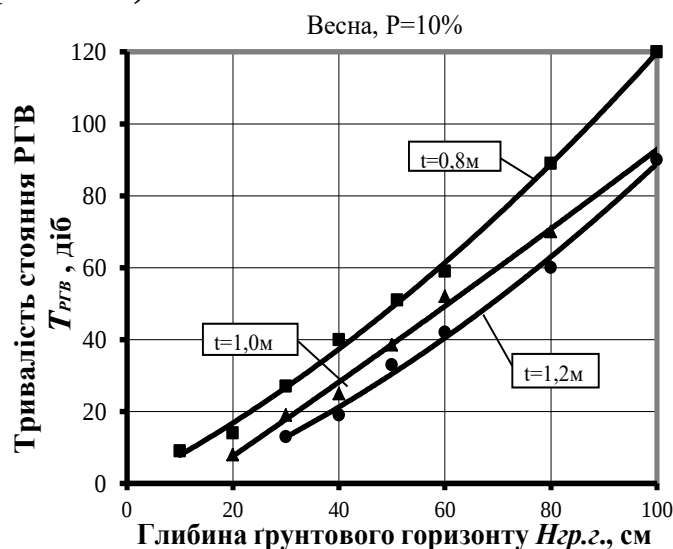


Рис. 4.13. Вплив глибини закладання дрена на тривалість стояння РГВ у верхніх ґрунтових горизонтах при $E=20$ м для року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10$ %

Аналізуючи рис. 4.13, можна стверджувати, що у весняний період року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10$ % зменшення глибини дренажу з 1,2 до 0,8 м збільшило тривалість підтоплення ґрунтового горизонту 0...20 см на 10...13 діб, а шару 0...100 см – на 30...32 доби.

Статистична обробка даних рис. 4.13 наведена в табл. 4.2.

Рівняння регресії та кореляційні відношення зв'язку тривалості стояння РГВ у верхніх ґрунтових горизонтах при різних t

Глибина закладання дрен t , м	Рівняння регресії	Кореляційне відношення η , %
0,8	$T_{РГВ} = 0,004 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,77 \cdot H_{гр.г.} - 0,21$	$0,99 \pm 0,02$
1,0	$T_{РГВ} = 0,001 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,99 \cdot H_{гр.г.} - 12,5$	$0,99 \pm 0,04$
1,2	$T_{РГВ} = 0,004 \cdot H_{гр.г.}^2 + 0,55 \cdot H_{гр.г.} - 7,2$	$0,99 \pm 0,04$

Примітки: 1. $T_{РГВ}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод, діб;

2. $H_{гр.г.}$ – глибина ґрунтового горизонту, см.

Загальний вид рівняння, що характеризує зв'язок тривалості стояння рівнів ґрунтових вод з глибиною закладання дрен та глибиною ґрунтового горизонту, має вигляд:

$$T_{РГВ} = 1,28H_{гр.г.} - 141,1t + 0,004H_{гр.г.}^2 + 62,37t^2 - 0,6H_{гр.г.} \cdot t + 72,28. \quad (4.15)$$

Досліджено також зв'язок ступеня дренажування з тривалістю стояння рівня ґрунтових вод у верхніх ґрунтових горизонтах для весняного періоду року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10\%$ (рис. 4.14).

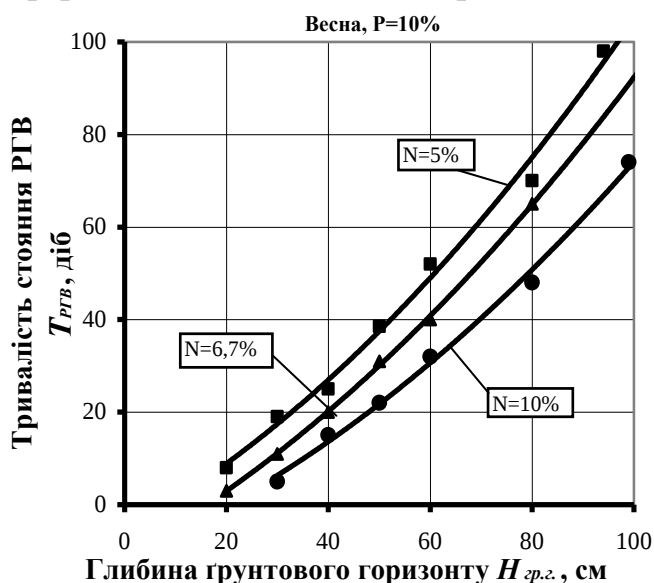


Рис. 4.14. Вплив ступеня дренажування на тривалість стояння рівня ґрунтових вод у верхніх ґрунтових горизонтах для весняного періоду при $P=10\%$

В умовах погіршення технічного стану дренажних систем зменшення ступеня дренажування з 10% до 5% викликає збільшення тривалості перезволоження ґрунту у верхніх ґрунтових шарах у 16 разів.

Залежність між тривалістю стояння рівня ґрунтових вод і ступенем дренажування та глибиною ґрунтового горизонту описується рівнянням

$$T_{РГВ} = 0,95H_{гр.г.} - 6,68N + 0,004H_{гр.г.}^2 + 0,41N^2 - 0,06NH_{гр.г.} + 16,14, \quad (4.16)$$

де $T_{РГВ}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод, діб;

$H_{гр.г.}$ – глибина ґрунтового горизонту, см.

Отримано залежності рівня ґрунтових вод для вологого вегетаційного періоду року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=5,4$ % від ступеня дренажування (рис. 4.15).

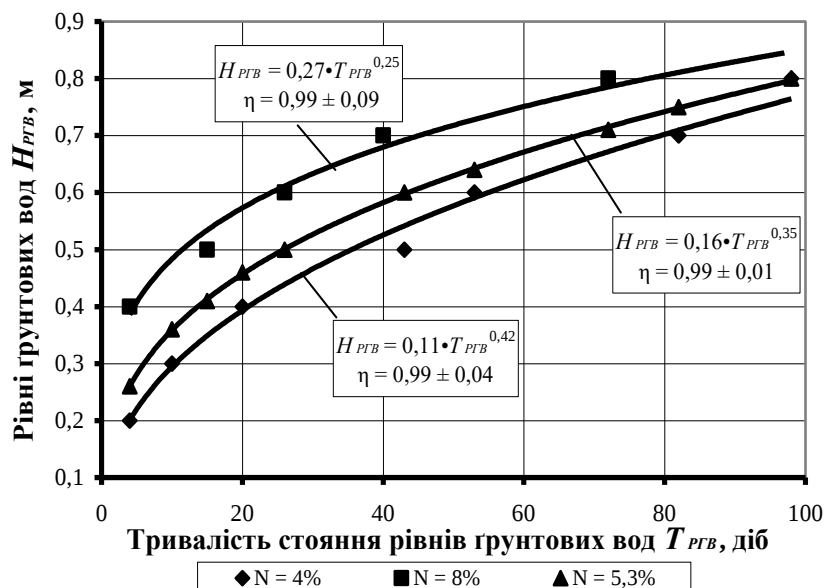


Рис. 4.15. Вплив ступеня дренажування на режим рівня ґрунтових вод при забезпеченості атмосферних опадів $P=5,4$ %

Обробка даних спостережень (рис. 4.15) дозволила встановити загальний вид рівняння, що характеризує зв'язок рівнів ґрунтових вод із тривалістю їх стояння в ґрунтовому горизонті при різних значеннях ступеня дренажування

$$H_{гв} = 0,07 \cdot T_{гв}^{0,35} \cdot N^{0,5}; \quad \eta = 0,97 \pm 0,07, \quad (4.17)$$

де $H_{гв}$ – рівні ґрунтових вод, м;

$T_{гв}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод, діб;

Розглянемо тривалість стояння рівнів ґрунтових вод у горизонті 0...60 см при різних ступенях дренажування в умовах погіршення технічного стану дренажних систем (рис. 4.16).

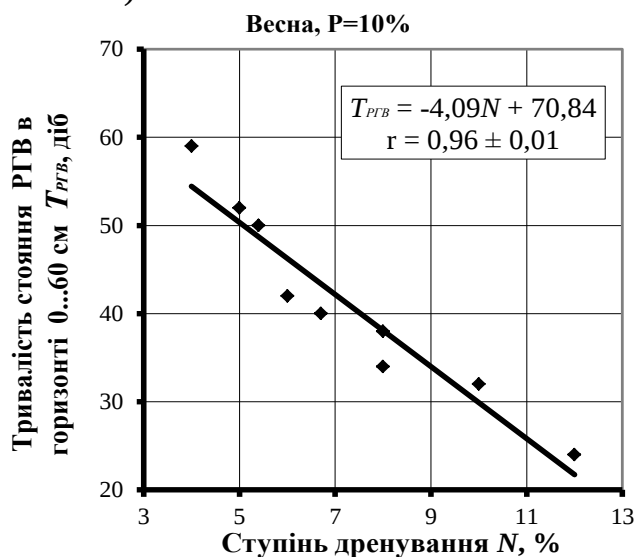


Рис. 4.16. Вплив ступеня дренажування на тривалість стояння рівнів ґрунтових вод у горизонті 0...60 см при $P=10$ %

З рис. 4.16 видно, що у випадку погіршення технічного стану дренажу при зменшенні ступеня дренування спостерігається збільшення тривалості підтоплення в горизонті 0...60 см. Так, для весняного періоду року із забезпеченістю атмосферними опадами $P=10\%$ при зменшенні N з 12 до 4 % максимальні рівні ґрунтових вод та тривалість перезволоження ґрунту підвищились у 2,5 рази [232].

Для оцінки ефективності осушувальної системи будемо виходити з того, що дренаж забезпечує рівень ґрунтових вод (РГВ) у межах допустимих відхилень і на осушувальній дренажній системі середній за вегетаційний період рівень ґрунтових вод (СРГВ) відповідає нормі осушення [121].

Відхилення СРГВ на 10...15 см від оптимального рівня призводить до зменшення урожаю всього на 1...2 % [58]. При цьому слід мати на увазі, що урожайність сільськогосподарських культур формується не тільки РГВ, а багатьма іншими факторами (температура ґрунту, поживні речовини, агротехніка, терміни сівби культур та збору урожаю). Тому відхилення величин урожаю на 1...2 % від оптимальних значень можна вважати несуттєвими. Цей висновок підтверджується польовими дослідженнями [172], де автор вивчав на фоні дренажу поведінку функції:

$$Y = f\left(\frac{A_{\max}}{H_c}\right), \quad (4.18)$$

де Y – урожай, т/га;

$A_{\max}$ – максимальна зміна (амплітуда) РГВ за вегетаційний період

$$A_{\max} = H_{\max} - H_{\min}, \quad (4.19)$$

$H_{\max}$ і $H_{\min}$ – максимальна та мінімальна віддаль від поверхні землі до РГВ;

H_c – середнє значення функції $H(t)$, тобто рівня ґрунтових вод, за вегетаційний період.

Експериментальні значення функції (4.18) зображені на рис. 4.17–4.19.

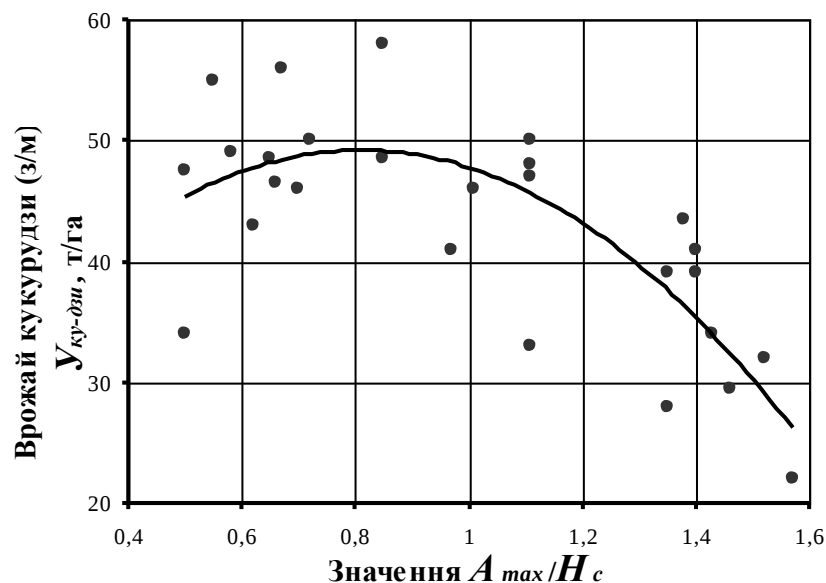


Рис. 4.17. Залежність урожаю кукурудзи (зелена маса) від значення $A_{\max} / H_c$ за вегетаційний період на фоні дренажу на мінеральних ґрунтах

Нами проведена статистична обробка даних спостережень (рис. 4.17), що дозволила встановити тісноту зв'язку між врожайністю кукурудзи на зелену масу та значенням $\frac{A_{\max}}{H_c}$:

$$Y_{\text{ку-дзи}} = -39,76 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right)^2 + 64,46 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right) + 23,06; \quad \eta = 0,77 \pm 0,12 \quad (4.20)$$

де $Y_{\text{ку-дзи}}$ – урожай кукурудзи (зелена маса), т/га;

$\frac{A_{\max}}{H_c}$ – відношення амплітуди коливань рівня ґрунтових вод до її середнього

значення за вегетаційний період;

η – кореляційне відношення.

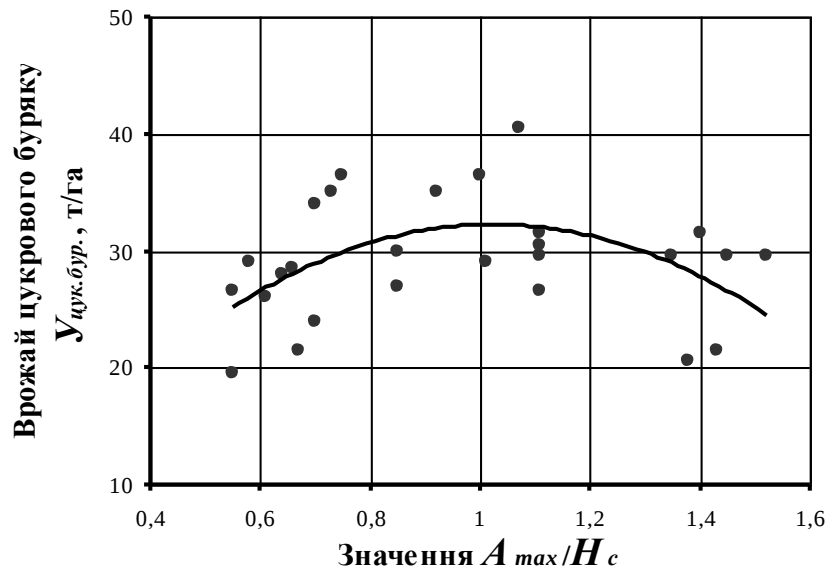


Рис. 4.18. Залежність урожаю цукрового буряка від значення $A_{\max}/H_c$ за вегетаційний період на фоні дренажу на мінеральних ґрунтах

Зв'язок урожаю цукрового буряка зі значенням $\frac{A_{\max}}{H_c}$ за вегетаційний період на фоні дренажу описується криволінійною залежністю

$$Y_{\text{цук.бур}} = -31,48 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right)^2 + 64,53 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right) - 0,83; \quad \eta = 0,54 \pm 0,16 \quad (4.21)$$

де $Y_{\text{цук.бур.}}$ – урожай цукрового буряка, т/га;

$\frac{A_{\max}}{H_c}$ – відношення амплітуди коливань рівня ґрунтових вод до її середнього

значення за вегетаційний період.

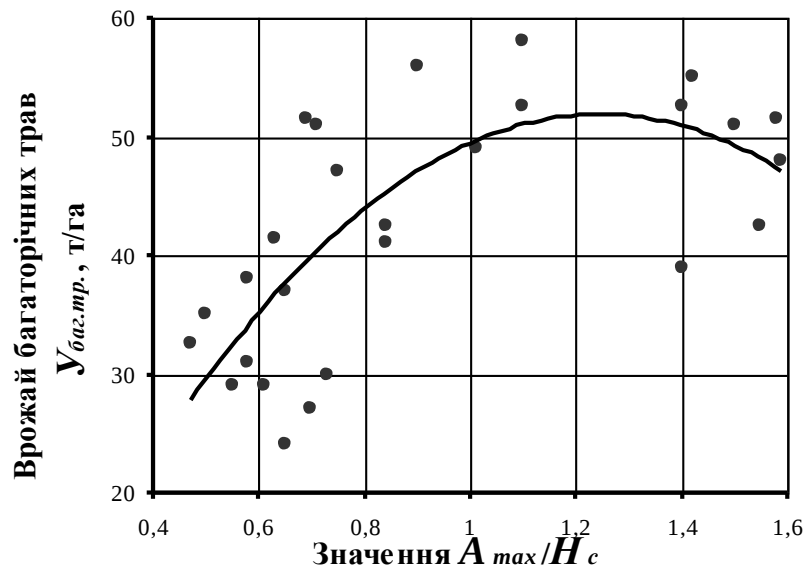


Рис. 4.19. Залежність урожаю багаторічних трав від значення $A_{\max}/H_c$ за вегетаційний період на фоні дренажу на мінеральних ґрунтах

Залежність між урожаєм багаторічних трав та значенням $\frac{A_{\max}}{H_c}$ описується рівнянням

$$Y_{\text{баг.тр.}} = -40,22 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right)^2 + 100,18 \cdot \left(\frac{A_{\max}}{H_c} \right) - 10,5; \quad \eta = 0,71 \pm 0,14 \quad (4.22)$$

де $Y_{\text{баг.тр.}}$ – урожайність багаторічних трав, т/га.

В умовах вологих років оптимальне значення $\frac{A_{\max}}{H_c}$ за вегетаційний період на фоні дренажу в мінеральних ґрунтах коливається в межах: для кукурудзи на зелену масу – 0,78...0,82; цукрового буряка – 0,95...1,05 і багаторічних трав – 1,07...1,25.

Втрати врожаю сільськогосподарських культур від недоосушення при відхиленні $\frac{A_{\max}}{H_c}$ на 0,1 від оптимальних значень наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Втрати врожаю сільськогосподарських культур при відхиленні $\frac{A_{\max}}{H_c}$ від оптимальних значень на фоні дренажу

Сільськогосподарські культури	Втрати врожаю від недоосушення, т/га, при відхиленні від оптимальних значень $\frac{A_{\max}}{H_c}$
кукурудза на зелену масу	4,6
цукровий буряк	2,6
багаторічні трави	3,1

Як бачимо, зменшення інтенсивності осушення призводить до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур в умовах вологих вегетаційних періодів. Втрати врожаю сягатимуть 30...50 % від його проектних значень.

При зниженні ступеня дренажу у вологий вегетаційний період року з забезпеченістю атмосферними опадами $P=5,4$ % спостерігалась тенденція збільшення максимальних значень вологості дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту в горизонті 0...50 см (рис. 4.20).

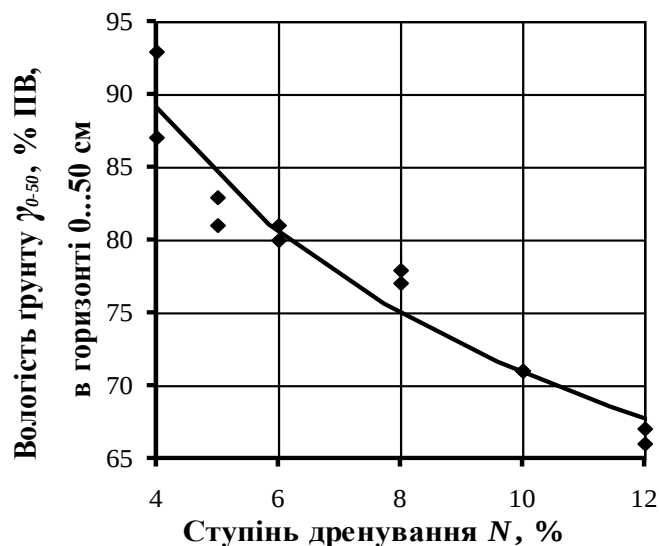


Рис. 4.20. Вологість дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту $\gamma_{0...50}$ залежно від ступеня дренажу у вологий вегетаційний період ($P=5,4$ %)

З рис. 4.20 видно, що зі зменшенням ступеня дренажу спостерігалась чітка тенденція збільшення максимальних значень вологості ґрунту на осушуваній ділянці. При зменшенні N з 12 % до 4 % вологість дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту в горизонті 0...50 см збільшилося в 1,3 рази [231].

Залежність між вологістю ґрунту та ступенем дренажу має вигляд:

$$\gamma_{0...50} = 126,15 \cdot N^{-0,25}, \quad (4.23)$$

де $\gamma_{0...50}$ – вологість ґрунту в горизонті 0...50 см, % від ПВ;

N – ступінь дренажу, %.

Кореляційне відношення рівняння (4.23) досить високе: $\eta = 0,97 \pm 0,08$.

Слід зазначити, що настільки значне розходження ґрунтової вологи на варіантах дослідження протягом практично всього вегетаційного періоду спостерігається лише в умовах вологих років ($P \leq 10\%$).

Статистична обробка даних показала певну кореляційну залежність вологості ґрунту в горизонті 0...30 та 0...50 см від глибини стояння рівня ґрунтових вод:

$$\gamma_{0...30} = 100 - 27 H_{PGB}; \quad (4.24)$$

$$\gamma_{0...50} = 100 - 23,6 H_{PGB}, \quad (4.25)$$

де $\gamma_{0...30}$, $\gamma_{0...50}$ – вологість ґрунту в горизонтах 0...30 см та 0...50 см відповідно, % від ПВ;

H_{PGB} – глибина рівня ґрунтових вод, м.

Рівняння вірні за умови дотримання обмеження, що глибина стояння рівня ґрунтових вод знаходиться в інтервалі значень

$$1,7 > H_{PGB} > 0,35 \text{ м.}$$

Коефіцієнти кореляції отриманих залежностей (4.24–4.25) коливаються в межах 0,67...0,71, що свідчить про не дуже тісний зв'язок між вказаними величинами.

Відомо, що знання змін вологості ґрунту упродовж вегетацій рослин має важливе значення при проектуванні та експлуатації дренажних систем.

Але рівняння (4.24–4.25) не дозволяють використовувати їх для практичних розрахунків, у зв'язку з відносно низькими коефіцієнтами кореляції між вологістю ґрунту та глибиною рівня ґрунтових вод, що викликано відсутністю врахування метеорологічних факторів. Тому було досліджено зв'язок вологості ґрунту в шарі 0...30 і 0...50 см з рівнем ґрунтових вод, випаровуванням та атмосферними опадами (рис. 4.21, 4.22).

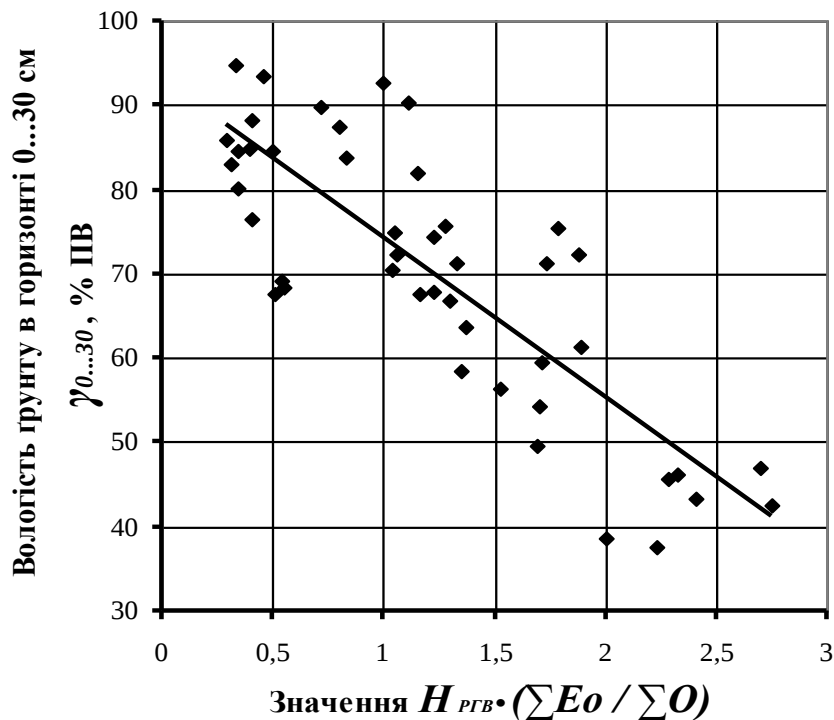


Рис. 4.21. Залежність вологості ґрунту в шарі 0...30 см від рівня ґрунтових вод, атмосферних опадів і випаровування

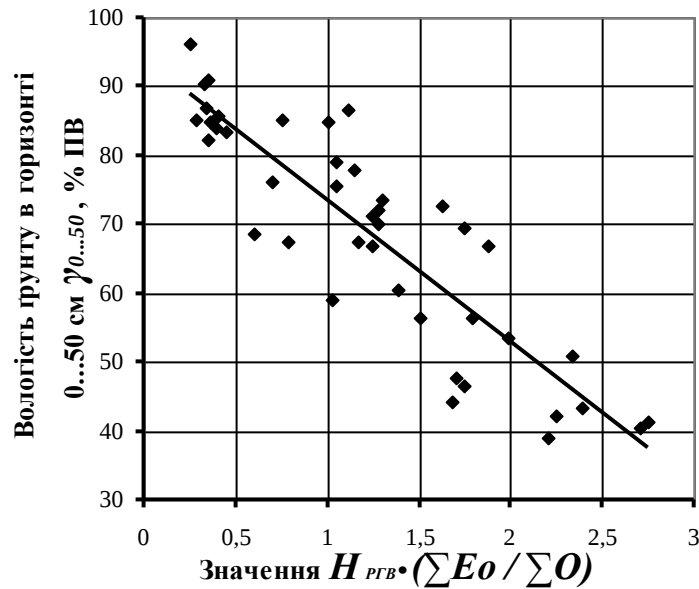


Рис. 4.22. Залежність вологості ґрунту в шарі 0...50 см від рівня ґрунтових вод, атмосферних опадів і випаровування

Встановлено, що цей зв'язок описують рівняння прямої лінії:

$$\gamma_{0-30} = 93,08 - 18,83 \cdot H_{PGB} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_{0_i}}{\sum_t^{\tau} O_{\kappa}}; \quad (4.26)$$

$$\gamma_{0-50} = 94,02 - 20,52 \cdot H_{PGB} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_{0_i}}{\sum_t^{\tau} O_{\kappa}}, \quad (4.27)$$

де $\sum_t^{\tau} O_{\kappa}$ – сума атмосферних опадів за розрахунковий період, рахуючи від початку вегетації, мм;

$\sum_t^{\tau} E_{0_i}$ – випаровування за той же період, мм.

Значення випаровування визначається за формулою М.І. Іванова

$$E_o = 0,61 \cdot \sum_t^{\tau} d_{\gamma}. \quad (4.28)$$

Коефіцієнти кореляції залежностей (4.26–4.27) складають відповідно $r = 0,83 \pm 0,09$ і $r = 0,89 \pm 0,07$, тобто більш висока тіснота зв'язку спостерігається для півметрового шару ґрунту. Однак рівняння (4.27) не дозволяє безпосередньо вести воднобалансові розрахунки, так як в ньому відсутнє початкове значення вологості ґрунту.

Відомо, що зміна вологості ґрунту за будь-який проміжок часу може бути визначена за рівнянням

$$\Delta\gamma = \gamma_{\kappa} - \gamma_n, \quad (4.29)$$

де $\Delta\gamma$ – зміна вологості ґрунту за розрахунковий період, % від ПВ;

γ_{κ} – вологість ґрунту на кінець розрахункового періоду, % від ПВ;

γ_n – вологість ґрунту на початок розрахункового періоду, % від ПВ.

Для визначення початкової і кінцевої вологості використовуємо рівняння (4.27), підставляючи в нього відповідні значення рівня ґрунтових вод, випаровування та опадів. Тоді рівняння (4.29) буде мати вигляд:

$$\Delta\gamma = a \cdot \left(H_{PGB_n} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_n}{\sum_t^{\tau} O_n} - H_{PGB_{\kappa}} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_{\kappa}}{\sum_t^{\tau} O_{\kappa}} \right), \quad (4.30)$$

де $\Delta\gamma$ – зміна вологості ґрунту за розрахунковий період, % від ПВ;

H_{PGB_n} , $H_{PGB_{\kappa}}$ – глибина стояння рівня ґрунтових вод на початок і кінець розрахункового періоду відповідно, м;

$\sum_t^{\tau} E_n$, $\sum_t^{\tau} E_{\kappa}$ – випаровування від початку вегетації до початку і кінця розрахункового періоду відповідно, мм;

$\sum_t^{\tau} O_n$, $\sum_t^{\tau} O_{\kappa}$ – сума атмосферних опадів від початку вегетації до початку і кінця розрахункового періоду відповідно, мм;

a – емпіричний коефіцієнт.

Визначивши з рівняння (4.27) γ_{κ} і підставивши його замість $\Delta\gamma$ у вираз (4.30), отримаємо

$$\gamma_{\kappa} = \gamma_n + a \cdot \left(H_{PGB_n} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_n}{\sum_t^{\tau} O_n} - H_{PGB_{\kappa}} \cdot \frac{\sum_t^{\tau} E_{\kappa}}{\sum_t^{\tau} O_{\kappa}} \right). \quad (4.31)$$

Наведена залежність дозволяє розраховувати вологість дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту в шарі 0...50 см за відомих: початковій вологості, рівню ґрунтових вод і метеорологічних даних.

Для розрахунку рівнів ґрунтових вод, які забезпечують потрібну вологість ґрунту при різних метеорологічних умовах, використовуємо рівняння (4.27),

попередньо обрахувавши його відносно H_{PGB}

$$H_{PGB} = c \cdot (94,02 - \gamma_{onm}) \cdot \frac{\sum_{\kappa}^{\tau} o_{\kappa}}{\sum_t E_{0_i}}, \quad (4.32)$$

де γ_{onm} – оптимальна вологість ґрунту в горизонті 0...50 см, % від ПВ;

c – емпіричний коефіцієнт.

Наведені вище рівняння дозволяють проводити розрахунки основних характеристик водного режиму ґрунту з врахуванням кліматичних особливостей розрахункових періодів і передбачати заходи з його регулювання.

Виявлено тісноту взаємозв'язку хронологічно відповідних значень вологості дерново-підзолистого ґрунту в різних горизонтах [171]. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу встановлено ряд залежностей між цими величинами та визначені кореляційні відношення для кожного з рівнянь (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Взаємозв'язок хронологічно відповідних значень вологості ґрунту в різних горизонтах

Вологість ґрунту в різних горизонтах, % від маси сухого ґрунту		Рівняння регресії	Кореляційне відношення η , %
1		2	3
$\gamma_{0...30}$	$\gamma_{0...10}$	$\gamma_{0...30} = 1,81\gamma_{0...10}^{0,81}$	$0,96 \pm 0,03$
	$\gamma_{10...20}$	$\gamma_{0...30} = 1,25\gamma_{10...20}^{0,9}$	$0,97 \pm 0,03$
	$\gamma_{20...30}$	$\gamma_{0...30} = 1,69\gamma_{20...30}^{0,87}$	$0,83 \pm 0,06$
$\gamma_{0...50}$	$\gamma_{0...10}$	$\gamma_{0...50} = 1,88\gamma_{0...10}^{0,76}$	$0,95 \pm 0,04$
	$\gamma_{10...20}$	$\gamma_{0...50} = 1,29\gamma_{10...20}^{0,86}$	$0,97 \pm 0,03$
	$\gamma_{20...30}$	$\gamma_{0...50} = 1,82\gamma_{20...30}^{0,81}$	$0,81 \pm 0,07$
	$\gamma_{30...50}$	$\gamma_{0...50} = 2,35\gamma_{30...50}^{0,81}$	$0,82 \pm 0,07$
$\gamma_{0...70}$	$\gamma_{0...10}$	$\gamma_{0...70} = 2,02\gamma_{0...10}^{0,73}$	$0,93 \pm 0,04$
	$\gamma_{10...20}$	$\gamma_{0...70} = 1,39\gamma_{10...20}^{0,83}$	$0,95 \pm 0,04$
	$\gamma_{20...30}$	$\gamma_{0...70} = 2,06\gamma_{20...30}^{0,76}$	$0,78 \pm 0,07$
	$\gamma_{30...50}$	$\gamma_{0...70} = 2,32\gamma_{30...50}^{0,8}$	$0,83 \pm 0,06$
	$\gamma_{50...70}$	$\gamma_{0...70} = 3,88\gamma_{50...70}^{0,57}$	$0,78 \pm 0,07$

Аналіз рівнянь взаємозв'язку вологості дерново-підзолистого ґрунту в різних горизонтах показав, що отримані залежності – це степеневі рівняння, які мають різні по тісноті зв'язку кореляційні відношення. З табл. 4.4 видно, що найбільш тісне кореляційне відношення спостерігається в горизонті ґрунту 10...20 см. Це свідчить про те, що для характеристики вологості дерново-підзолистого ґрунту в шарах 0...30 см, 0...50 см і 0...70 см достатньо визначити вологість цього ґрунту в шарі 10...20 см [171].

4.3. Вплив ступеня дренажу на температурний режим дренажних ґрунтів

Формування температурного режиму сезонно-промерзаючих гідроморфних ґрунтів Волинського Полісся України залежить від метеорологічних умов та генетичних особливостей ґрунту. Річний хід температури цих ґрунтів характеризується одним максимумом та одним мінімумом [175].

Мінімальні та максимальні температури дерново-підзолистих ґрунтів спостерігаються відповідно в січні-березні та червні-липні. Промерзання цих ґрунтів починається в грудні. Від'ємні температури проникають на глибину 40...100 см. Процес розмерзання ґрунту знизу починається на початку березня, а зверху – у середині березня. Середньорічні температури дерново-підзолистих ґрунтів у шарах 5...140 см коливаються від 7°C до 11°C.

Як добові, так і річні коливання температури, в першу чергу, зумовлені температурою повітря. Розрахунки показують, що залежність між температурою ґрунту та повітря має вигляд прямої лінії [20]. Для дерново-підзолистих ґрунтів розраховані емпіричні залежності виду:

$$T_{гр} = a \cdot T_{пов} + b, \quad (4.33)$$

де $T_{гр}$ – температура ґрунту, °C;

$T_{пов}$ – температура повітря, °C;

a, b – емпіричні коефіцієнти.

Виявлено тісноту зв'язку між температурою дерново-підзолистого глейового ґрунту Волинського Полісся України на глибині 5...45 см з температурою повітря на висоті 1 м та 2 м від поверхні землі. За допомогою кореляційно-регресійного аналізу встановлено ряд залежностей між цими величинами та визначені коефіцієнти кореляції для кожного з рівнянь (табл. 4.5).

Аналіз рівнянь зв'язку температури дерново-підзолистого ґрунту на різних глибинах з температурою повітря на висоті 1 м та 2 м від поверхні землі показав, що отримані залежності є лінійними рівняннями і мають різні по тісноті зв'язку коефіцієнти кореляції.

З табл. 4.5 видно, що тісніші коефіцієнти кореляції спостерігаються в тих залежностях, де температура повітря вимірювалась на висоті 1 м від поверхні землі.

Таблиця 4.5

Зв'язок температури дерново-підзолистого ґрунту на глибині 5...45 см з температурою повітря на висоті 1 м та 2 м від поверхні землі (гідромеліоративна система “Печалівка”, 2004 рік)

Температура ґрунту на різній глибині залежно від температури повітря		
глибина виміру	температура повітря на висоті 1 м	температура повітря на висоті 2 м
	рівняння регресії та коефіцієнт кореляції	рівняння регресії та коефіцієнт кореляції
1	2	3
5 см	$T_{gp\ 5cm} = 0,54T_{нов\ 1м} + 4,77$ $r = 0,92 \pm 0,07$	$T_{gp\ 5cm} = 0,59T_{нов\ 2м} + 7,01$ $r = 0,91 \pm 0,09$
10 см	$T_{gp\ 10cm} = 0,51T_{нов\ 1м} + 5,22$ $r = 0,92 \pm 0,09$	$T_{gp\ 10cm} = 0,55T_{нов\ 2м} + 7,32$ $r = 0,91 \pm 0,1$
15 см	$T_{gp\ 15cm} = 0,48T_{нов\ 1м} + 5,66$ $r = 0,90 \pm 0,1$	$T_{gp\ 15cm} = 0,52T_{нов\ 2м} + 7,64$ $r = 0,87 \pm 0,11$
20 см	$T_{gp\ 20cm} = 0,44T_{нов\ 1м} + 6,3$ $r = 0,87 \pm 0,13$	$T_{gp\ 20cm} = 0,48T_{нов\ 2м} + 8,15$ $r = 0,85 \pm 0,12$
25 см	$T_{gp\ 25cm} = 0,41T_{нов\ 1м} + 6,93$ $r = 0,82 \pm 0,12$	$T_{gp\ 25cm} = 0,45T_{нов\ 2м} + 8,66$ $r = 0,81 \pm 0,13$
30 см	$T_{gp\ 30cm} = 0,38T_{нов\ 1м} + 7,41$ $r = 0,82 \pm 0,11$	$T_{gp\ 30cm} = 0,42T_{нов\ 2м} + 9,03$ $r = 0,81 \pm 0,13$
35 см	$T_{gp\ 35cm} = 0,36T_{нов\ 1м} + 7,9$ $r = 0,81 \pm 0,1$	$T_{gp\ 35cm} = 0,39T_{нов\ 2м} + 9,4$ $r = 0,8 \pm 0,11$
40 см	$T_{gp\ 40cm} = 0,36T_{нов\ 1м} + 7,81$ $r = 0,80 \pm 0,13$	$T_{gp\ 40cm} = 0,39T_{нов\ 2м} + 9,32$ $r = 0,79 \pm 0,14$
45 см	$T_{gp\ 45cm} = 0,36T_{нов\ 1м} + 7,72$ $r = 0,79 \pm 0,13$	$T_{gp\ 45cm} = 0,39T_{нов\ 2м} + 9,25$ $r = 0,78 \pm 0,14$

З табл. 4.5 видно, що тісніші коефіцієнти кореляції спостерігаються в тих залежностях, де температура повітря вимірювалась на висоті 1 м від поверхні землі.

Для виявлення тісноти зв'язку температури повітря на висоті 1 м із

температурою повітря на висоті 2 м, нами побудований графік залежності між цими величинами (рис. 4.23).

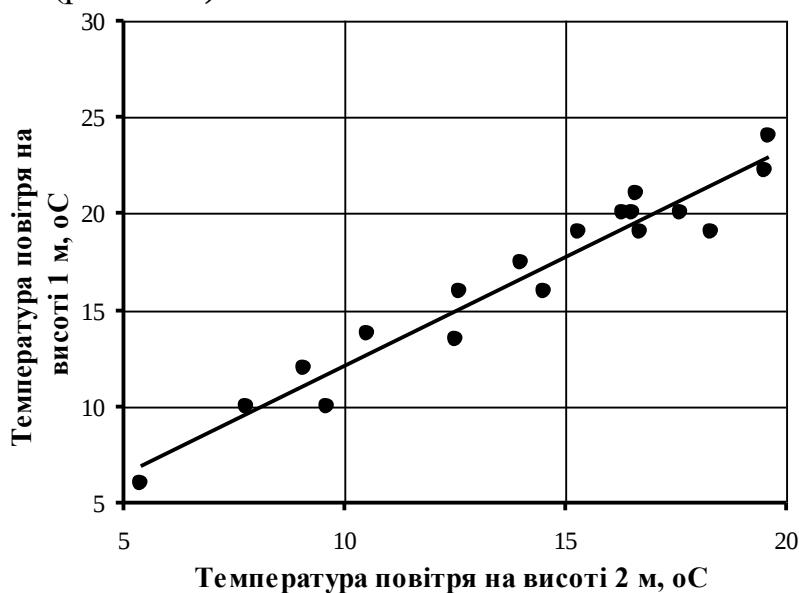


Рис. 4.23. Графік зв'язку температури повітря на висоті 1 м з температурою повітря на висоті 2 м від поверхні землі

Залежність між зазначеними величинами описується рівнянням

$$T_{\text{пов}1\text{м}} = 1,13 \cdot T_{\text{пов}2\text{м}} + 0,77, \quad (4.34)$$

де $T_{\text{пов}1\text{м}}$ – температура повітря на висоті 1 м від поверхні землі, °С;

$T_{\text{пов}2\text{м}}$ – температура повітря на висоті 2 м від поверхні землі, °С.

Температурний режим дерново-підзолистого ґрунту це існуючий фактор ґрунтоутворення. При низьких і достатньо високих температурах ґрунтові процеси сповільнюються, як і при пересушенні чи перезволоженні. Тільки при оптимальному співвідношенні температури і вологості ґрунту процеси, що відбуваються в ньому, є найбільш інтенсивними. Це призводить до утворення максимальної природної родючості.

Аналіз вказаних в літературних джерелах [17] теплофізичних характеристик дерново-підзолистих ґрунтів дозволив узагальнити наявні дані для ґрунту з різними щільністю та вологістю (табл. 4.6, рис. 4.24).

Таблиця 4.6

Зв'язок теплоємкості C_v з вологістю дерново-підзолистого ґрунту γ при різних значеннях щільності сухого ґрунту d_v [170]

Теплоємкість ґрунту C_v , кДж/м ³ ·°С, залежно від щільності та вологості							
d_v , г/см ³	вологість ґрунту γ , в %						
	0	4	10	16	22	28	34
1,1	1005,6	1173,2	1445,6	1738,9	2011,2	2262,6	2555,9
1,2	1131,3	1298,9	1571,3	1885,5	2178,8	2430,2	2828,3
1,3	1215,1	1424,6	1759,8	2095	2388,3	2723,5	3037,8

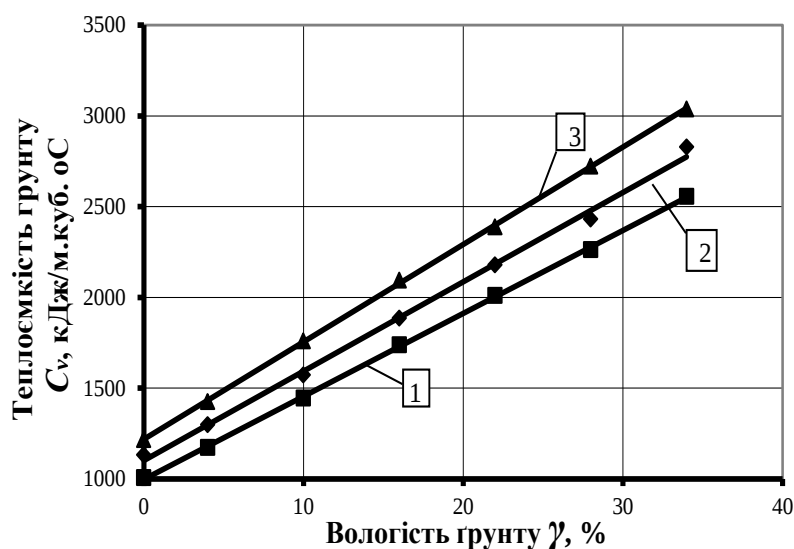


Рис. 4.24. Зв'язок теплоємкості з вологістю дерново-підзолистого ґрунту при різних значеннях щільності ґрунту:

1 – при $d_v = 1,1 \text{ г/см}^3$; 2 – при $d_v = 1,2 \text{ г/см}^3$; 3 – при $d_v = 1,3 \text{ г/см}^3$.

З рис. 4.24 видно, що у випадку погіршення технічного стану дренажних систем при збільшенні вологості ґрунту спостерігається зростання значень теплоємкості ґрунту.

Зв'язок теплоємкості з вологістю дерново-підзолистого ґрунту при різних значеннях щільності ґрунту d_v описується лінійними рівняннями:

при $d_v = 1,1 \text{ г/см}^3$

$$C_v = 45,67 \cdot \gamma + 998,16 ; \quad (4.35)$$

при $d_v = 1,2 \text{ г/см}^3$

$$C_v = 49,2 \cdot \gamma + 1102,2 ; \quad (4.36)$$

при $d_v = 1,3 \text{ г/см}^3$

$$C_v = 53,66 \cdot \gamma + 1218,1, \quad (4.37)$$

де C_v – теплоємкість ґрунту, $\text{кДж/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$;

γ – вологість ґрунту, %.

Загальне рівняння, яке характеризує зв'язок теплоємкості ґрунту з його вологістю та щільністю, має вигляд:

$$C_v = -994,89 + 49,51 \cdot \gamma + 1750,9 \cdot d_v, \quad (4.38)$$

де d_v – щільність ґрунту, г/см^3 .

Коефіцієнти кореляції отриманих залежностей (4.35–4.38) коливаються в межах 0,98...0,99, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними величинами.

Зв'язок температуропровідності K_t з вологістю дерново-підзолистого ґрунту γ при різних значеннях щільності ґрунту d_v наведено в табл. 4.7.

Зв'язок температуропровідності K_t з вологістю γ при різних значеннях щільності ґрунту d_v [170]

Температуропровідність ґрунту $K_t \cdot 10^{-7}$, м ² /с, залежно від щільності та вологості ґрунту					
вологість ґрунту γ , %	щільність ґрунту d_v , г/см ³				
	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
4	1,4	1,5	1,6	1,77	1,9
8	1,8	2	2,15	2,3	2,5
12	2,36	2,6	2,82	3,1	3,3
16	2,9	3,2	3,48	3,7	4
20	3,15	3,44	3,7	3,95	4,26
24	2,75	3,1	3,3	3,6	3,9

Графічно цей зв'язок температуропровідності з вологістю дерново-підзолистого ґрунту при різних значеннях щільності ґрунту наведено на рис. 4.25.

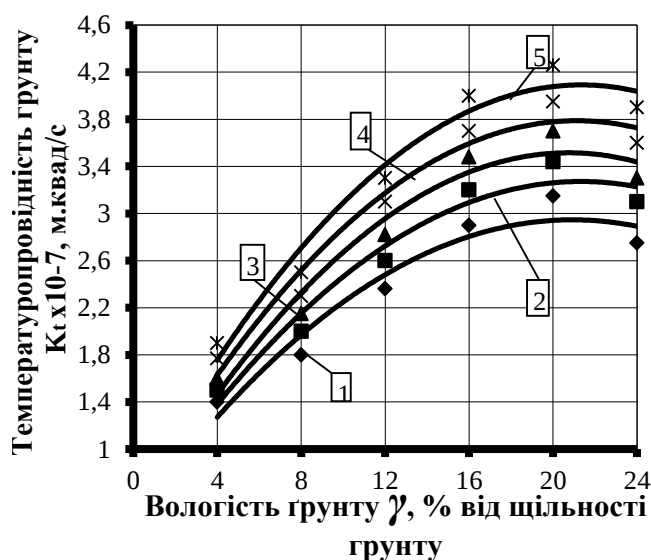


Рис. 4.25. Температуропровідність дерново-підзолистого ґрунту залежно від його вологості при різних значеннях щільності:

1 – при $d_v = 1,0$ г/см³; 2 – при $d_v = 1,1$ г/см³; 3 – при $d_v = 1,2$ г/см³;

4 – при $d_v = 1,3$ г/см³; 5 – при $d_v = 1,4$ г/см³.

Проаналізувавши рис. 4.25, можна стверджувати, що температуропровідність ґрунту змінюється за законом максимуму, тобто досягає максимуму при вологості 21 % і відповідає оптимальним значенням вологості для більшості рослин. При більш високій вологості ґрунту його температуропровідність зменшується, так як ріст теплоємності відбувається швидше, ніж ріст теплопровідності.

Статистична обробка даних спостережень наведена в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8

Рівняння регресії та кореляційні відношення зв'язку температуропровідності з вологістю ґрунту при різних значеннях щільності ґрунту

Щільність ґрунту d_v , г/см ³	Рівняння регресії	Кореляційне відношення η , %
1,0	$K_t = -0,01 \cdot \omega_g^2 + 0,25 \cdot \omega_g + 0,39$	0,97±0,03
1,1	$K_t = -0,01 \cdot \omega_g^2 + 0,27 \cdot \omega_g + 0,41$	0,98±0,02
1,2	$K_t = -0,01 \cdot \omega_g^2 + 0,3 \cdot \omega_g + 0,37$	0,98±0,02
1,3	$K_t = -0,01 \cdot \omega_g^2 + 0,31 \cdot \omega_g + 0,5$	0,98±0,02
1,4	$K_t = -0,01 \cdot \omega_g^2 + 0,33 \cdot \omega_g + 0,55$	0,98±0,02

Загальне рівняння, яке характеризує зв'язок температуропровідності ґрунту з його вологістю та щільністю, має вигляд:

$$K_t = -0,81 + 0,2 \cdot \gamma + 0,93 \cdot d_v - 0,01 \cdot \gamma^2 + 0,1 \cdot d_v^2 + 0,08 \cdot \gamma \cdot d_v, \quad (4.39)$$

де K_t – температуропровідність ґрунту, 10⁻⁷ м²/с; γ – вологість ґрунту, %;

d_v – щільність ґрунту, г/см³.

Кореляційне відношення наведеної залежності складає $\eta = 0,98 \pm 0,01$.

Якщо відомі температуропровідність K_t та теплоємність C_v , то теплопровідність можна визначити за формулою

$$\lambda = K_t \cdot C_v, \quad (4.40)$$

де λ – теплопровідність ґрунту, кДж/м·с·°С.

Як вказувалося вище, температурний режим ґрунтів знаходиться в тісній залежності від водного режиму. Тому при погіршенні водного режиму ґрунту погіршуються його теплофізичні характеристики та температурний режим.

При більш близькому заляганні рівнів ґрунтових вод значення температури зменшуються (табл. 4.9).

Таблиця 4.9

Вплив рівнів ґрунтових вод на температуру дерново-підзолистого ґрунту (кукурудза, 13 годин)

Рівень ґрунтових вод, см	Червень			Липень			Серпень		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2004 рік									
110...170	16,0	19,2	20,8	24,6	22,3	22,2	23,1	18,8	18,0
80...120	14,7	18,3	19,7	23,5	21,0	21,6	23,0	18,5	18,0
2005 рік									
100...120	16,1	16,7	23,3	24,6	23,1	20,4	-	-	-
106...140	14,3	14,7	20,1	22,8	20,1	19,6	-	-	-

Скориставшись показником термічного ефекту в ґрунті, запропонованим Д.Д. Куртнером і А.Ф. Чудновським, виконана оцінка зміни температурного режиму

$$\Delta T_{\Gamma}(x; \tau) = T_{N=10\%}(x; \tau) - T_{N=5\%}(x; \tau), \quad (4.41)$$

де $\Delta T_{\Gamma}(x; \tau)$ – зміна температури ґрунту на глибині x у момент часу τ , °С;

$T_{N=10\%}(x; \tau)$, $T_{N=5\%}(x; \tau)$ – температура ґрунту на глибині x у момент часу τ при ступені дренажування $N=10\%$ та $N=5\%$ відповідно, °С.

На дерново-підзолистому глейовому ґрунті в роки досліджень просторові зміни величини ΔT_{Γ} вивчалися на глибині 10 і 20 см (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Різниця температур ґрунту на різній глибині при $E=10$ і 20 мм (13 годин)

Рік із забезпеченістю атмосферними опадами P , %	Глибина установки термометра, см	Червень			Липень			Серпень	
		1	2	3	1	2	3	1	2
54,1	10	1,3	0,9	1,3	0,8	0,9	1,1	0,7	1,0
	20	1,8	2,0	1,0	0,6	0,6	0,1	0,8	0,7
8,1	10	0,9	0,9	0,8	0,7	0,1	0	0	0,1
	20	1,0	0,8	0,5	0,4	0,1	0	-0,1	0

Наведені дані показують, що різниця температур ґрунту при зменшенні інтенсивності осушення може сягати у першу половину вегетаційного періоду 0,6...2°С. Про це свідчать у розглянутих варіантах і графіки зв'язку хронологічно відповідних температур дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту (рис. 4.26–4.28).

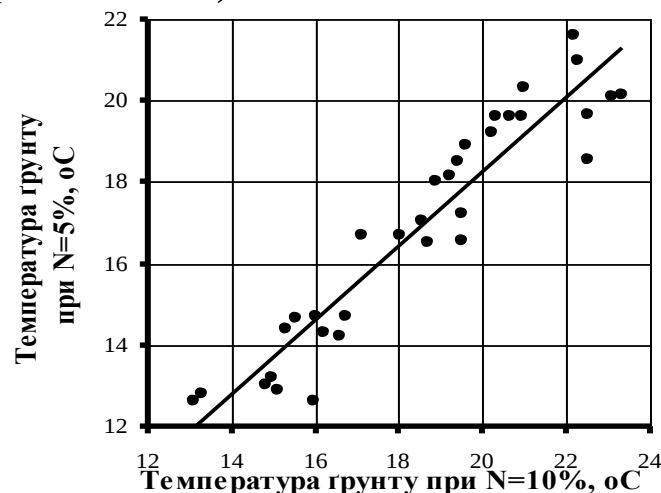


Рис. 4.26. Зв'язок хронологічно відповідних температур ґрунту на глибині 0,1 м при ступенях дренажування $N=10\%$ і $N=5\%$

Статистична обробка даних показала високу кореляційну залежність між зазначеними величинами і можливість описання її лінійним рівнянням

$$T_{N=5\%} = 0,91 \cdot T_{N=10\%} + 0,06, \quad (4.42)$$

де $T_{N=5\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,1 м при $N=5\%$, °C;

$T_{N=10\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,1 м при $N=10\%$, °C.

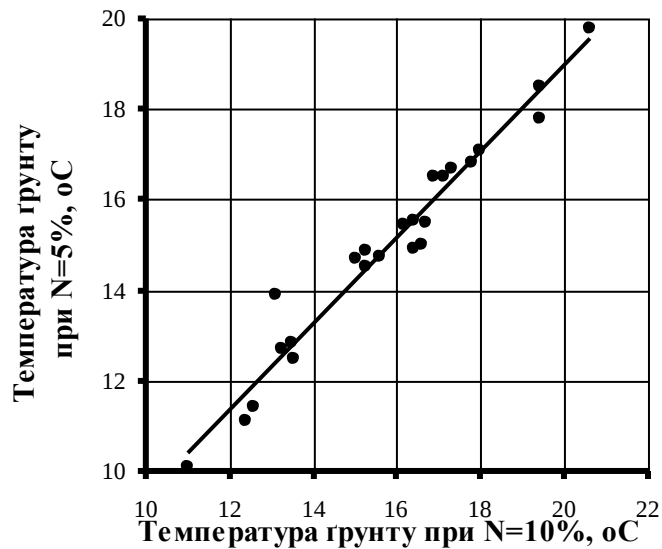


Рис. 4.27. Хронологічно відповідні температури ґрунту на глибині 0,2 м при ступенях дренавання $N=10\%$ і $N=5\%$

З рис. 4.27 видно, що зв'язок хронологічно відповідних температур дерново-підзолистого глейового ґрунту на глибині 0,2 м при ступенях дренавання $N=10\%$ і $N=5\%$ описується рівнянням

$$T_{N=5\%} = 0,95 \cdot T_{N=10\%} - 0,1, \quad (4.43)$$

де $T_{N=5\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,2 м при $N=5\%$, °C;

$T_{N=10\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,2 м при $N=10\%$, °C.

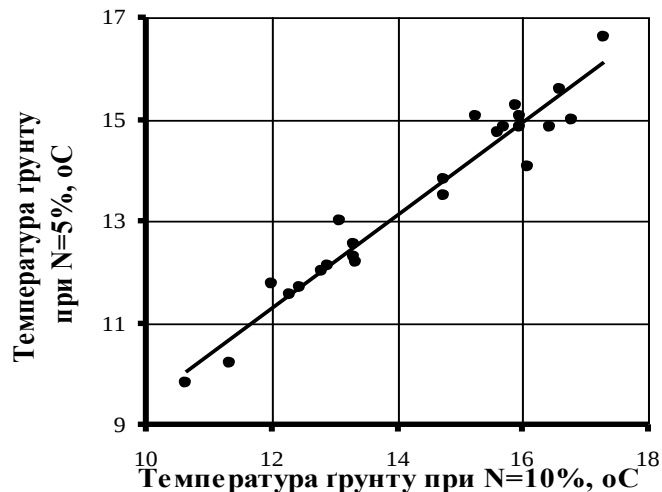


Рис. 4.28. Зв'язок хронологічно відповідних температур ґрунту на глибині 0,5 м при $N=10\%$ і $N=5\%$

Зв'язок хронологічно відповідних температур дерново-підзолистого глейового ґрунту на глибині 0,5 м при $N=10\%$ і $N=5\%$ описується рівнянням

$$T_{N=5\%} = 0,92 \cdot T_{N=10\%} + 0,31, \quad (4.44)$$

де $T_{N=5\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,5 м при $N=5\%$, °C;

$T_{N=10\%}$ – температура ґрунту на глибині 0,5 м при $N=10\%$, °С.

Встановлено, що зменшення ступеня дренажу з 10 до 5 % знижує температуру ґрунту на глибині 0,1; 0,2 та 0,5 м у середньому на 1,4; 0,85 та 0,5°С відповідно.

Режимні спостереження за температурою ґрунту велися на варіантах з $N=10\%$ і $N=5\%$ та на глибині 10, 20, 50 і 80 см у міру віддалення від дрена.

Хід температури ґрунту на глибині 10 см показує, що як поблизу дрена, так і на міждренній температура ґрунту має близькі значення (рис. 4.29).

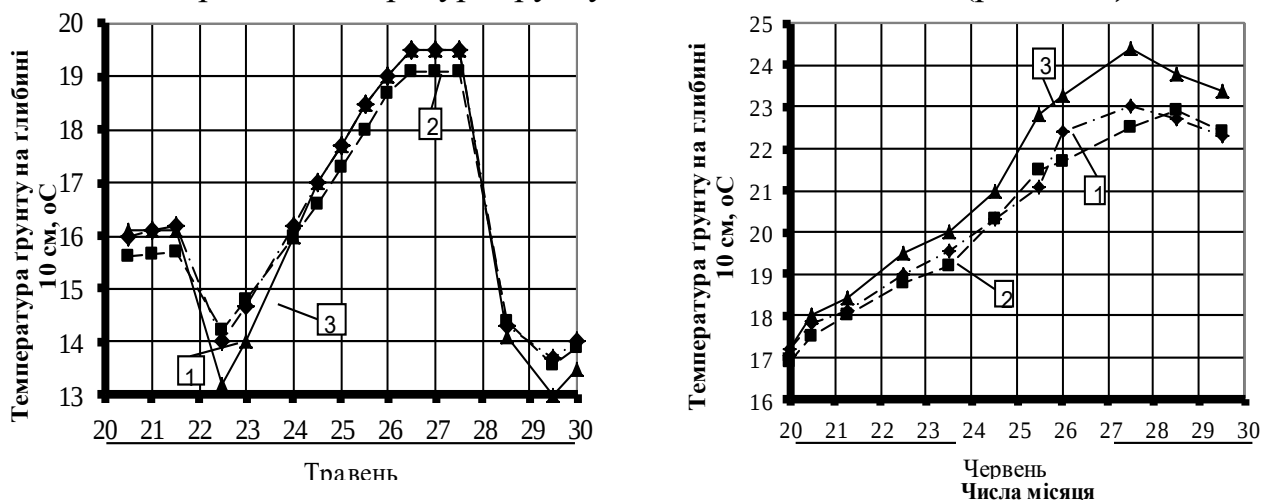


Рис. 4.29. Температура ґрунту на глибині 10 см залежно від віддалення від дрена: 1 – дрена; 2 – відстань від дрена 1 м; 3 – міждрення.

Деякі відмінності температурного режиму спостерігаються в періоди відносно низьких температур ґрунту та в спекотні дні.

У першому випадку наявна тенденція до збільшення значень температур на ділянках, що розташовані ближче до дренажної лінії.

У другому випадку вища температура ґрунту спостерігається на міждренні, а нижча – на дренажній засипці і на відстані одного метра від неї (рис. 4.30).

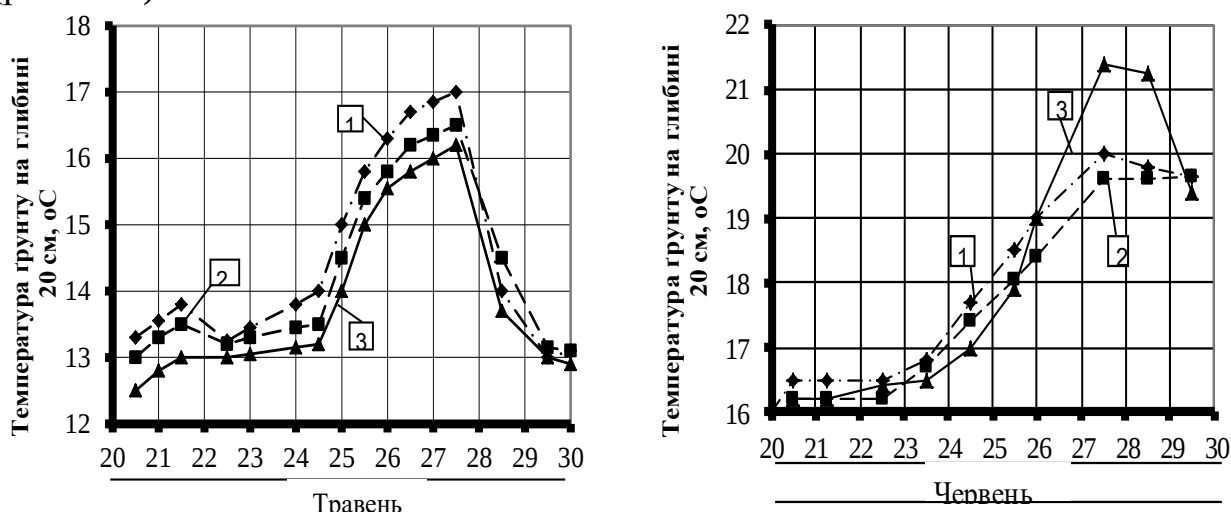


Рис. 4.30. Температура ґрунту на глибині 20 см залежно від віддалення від дрена: 1 – дрена; 2 – відстань від дрена 1 м; 3 – міждрення.

На глибині 20 см різниця в температурі ґрунту виражена більш чітко. Як на дрена, так і на віддалі 1 м від дрена температура ґрунту була вищою порівняно з

міждренням практично в усі періоди спостережень. Збільшення температури поблизу дренажної лінії відносно більш віддалених точок складало від 0,5 до 1,5°C. Однак при температурі ґрунту вище ніж 20°C, як і на глибині 10 см, спостерігається зворотна картина.

На глибині 50 см протягом всього періоду спостережень температура дерново-підзолистого глейового ґрунту поблизу дрени була вищою, ніж на міждренні, і максимальна різниця температур досягала 1°C (рис. 4.31).

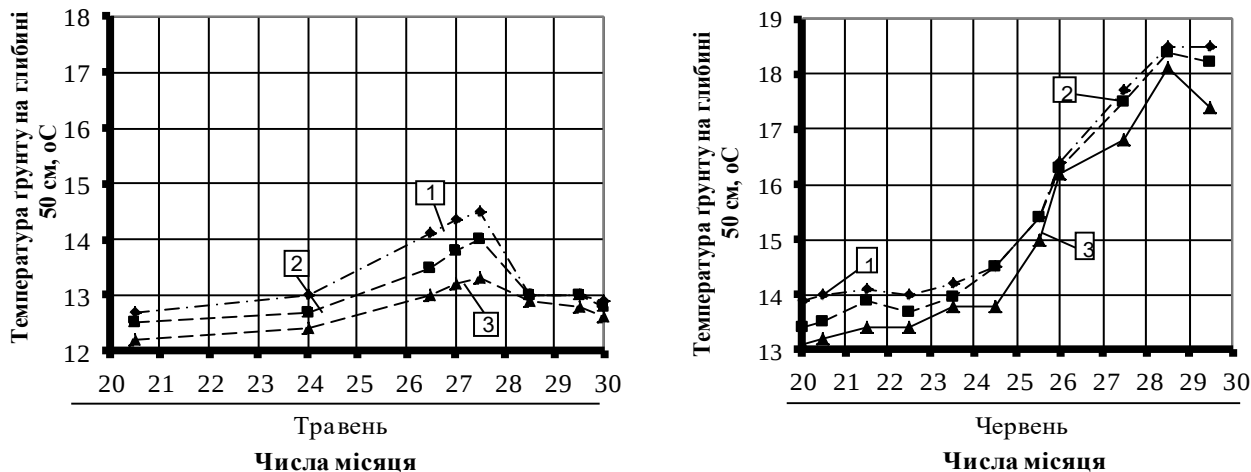


Рис. 4.31. Температура ґрунту на глибині 50 см залежно від віддалення від дрени: 1 – дрена; 2 – відстань від дрени 1 м; 3 – міждрення.

Така ж тенденція руху температур спостерігається і на глибині 80 см, при чому хронологічно відповідні температури на вказаній глибині відрізнялися в окремі періоди на 1...1,5°C [175].

Таким чином, зниження інтенсивності осушення призводить до погіршення ступеня регулювання гідротермічного режиму ґрунту.

5. ВПЛИВ СТУПЕНЯ ДРЕНУВАННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

5.1. Вплив перезволоження ґрунту до початку вегетації на врожайність сільськогосподарських культур

У весняний період року режим рівня ґрунтових вод суттєво впливає на родючість ґрунтів. Тривалі негативні наслідки цього впливу можна спостерігати навесні при короткочасному перезволоженні ґрунтів, що, в свою чергу, навіть у відносно сприятливих умовах вегетаційного періоду викликає падіння врожаїв сільськогосподарських культур [105]. Разом з тим, у літературних джерелах приводиться лише якісна характеристика цього явища, а кількісні показники відсутні. Крім того сама ідея впливу водного режиму ґрунту за межами вегетаційного періоду сільськогосподарських культур на їх урожай підтримується не всіма дослідниками.

З метою вивчення цього явища проведені вегетаційні досліді в лабораторії кафедри водної інженерії та водних технологій НУВГП.

Дослід проводився в два етапи. На першому етапі використовувалися 2 л. посудини з масою ґрунту 1,8 кг. Тривалість перезволоження ґрунту до посіву становила 5, 10, 15 та 20 діб. Досліджувалися яра пшениця та кукурудза.

На другому етапі використовувалися посудини ємністю 6 л з масою ґрунту 4,8 кг. Тривалість перезволоження ґрунту – 10, 20 та 30 діб. Сільськогосподарські культури – багаторічні трави (Тимофіївка лучна), кормовий буряк (Бригадир), тритикале.

В обох випадках контролем служив варіант без перезволоження ґрунту.

Перед посівом вологість ґрунту доводилася до оптимальної.

Виконувалися спостереження за температурою та вологістю ґрунту, висотою рослин, урожайністю зеленої маси сільськогосподарських культур.

Досліді проводилися у трьохкратній повторності на протязі 5 місяців.

Аналіз результатів дослідів показав, що перезволоження ґрунту до посіву має значні негативні наслідки на продуктивність сільськогосподарських культур (рис. 5.1).



Багаторічні трави «Тимофіївка лучна»



«Тритикале»

Рис. 5.1. Вегетаційний дослід із впливу перезволоження на урожай сільськогосподарських культур

Зі збільшенням тривалості перезволоження ґрунту врожайність сільськогосподарських культур значно знижується.

Так, зв'язок урожайності ярої пшениці та кукурудзи з термінами перезволоження описується лінійними рівняннями з високими значеннями коефіцієнта кореляції $0,92 \pm 0,07$ та $0,91 \pm 0,08$, відповідно:

$$U_{\text{яр.пш.}} = 5,23 - 0,04 \cdot T_{\text{пер}} ; \quad (5.1)$$

$$U_{\text{кукур.}} = 9,35 - 0,08 \cdot T_{\text{пер}} , \quad (5.2)$$

де $U_{\text{яр.пш.}}$ – урожай зеленої маси ярої пшениці, г/посудину;

$U_{\text{кукур.}}$ – урожай зеленої маси кукурудзи, г/посудину;

$T_{\text{пер}}$ – тривалість перезволоження орного шару ґрунту до посіву, діб.

Статистична обробка матеріалів другого етапу дослідження дозволила встановити кількісні характеристики висоти рослин та врожаю з тривалістю перезволоження ґрунту до посіву.

Цей зв'язок може бути описаний наступними залежностями:

$$H = a \cdot T_{\text{пер}}^2 - b \cdot T_{\text{пер}} + c , \quad (5.3)$$

$$U = n \cdot T_{\text{пер}}^2 - l \cdot T_{\text{пер}} + d , \quad (5.4)$$

де H – висота рослин, см;

U – урожай зеленої маси рослин, г/посудину;

$T_{\text{пер}}$ – тривалість перезволоження ґрунту до посіву, діб;

a, b, c, n, l, d – емпіричні коефіцієнти.

Зв'язок висоти рослин з тривалістю перезволоження ґрунту наведений на рис. 5.2, а врожаю з тривалістю перезволоження ґрунту – на рис. 5.3.

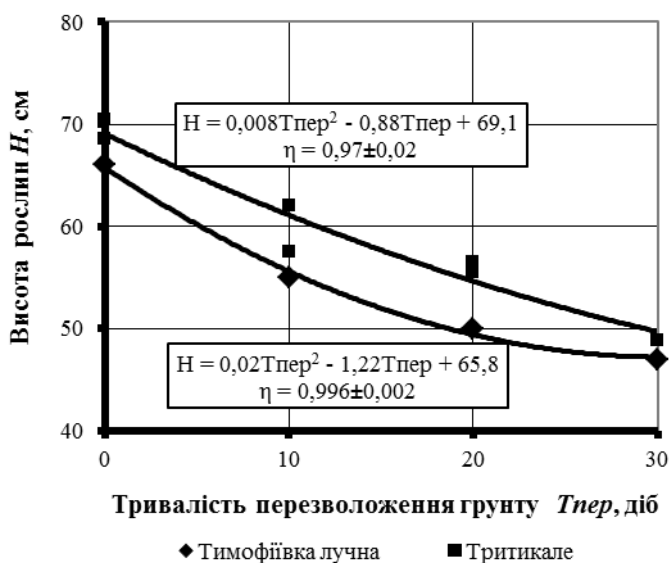


Рис. 5.2. Залежності висоти сільськогосподарських культур від тривалості перезволоження ґрунту

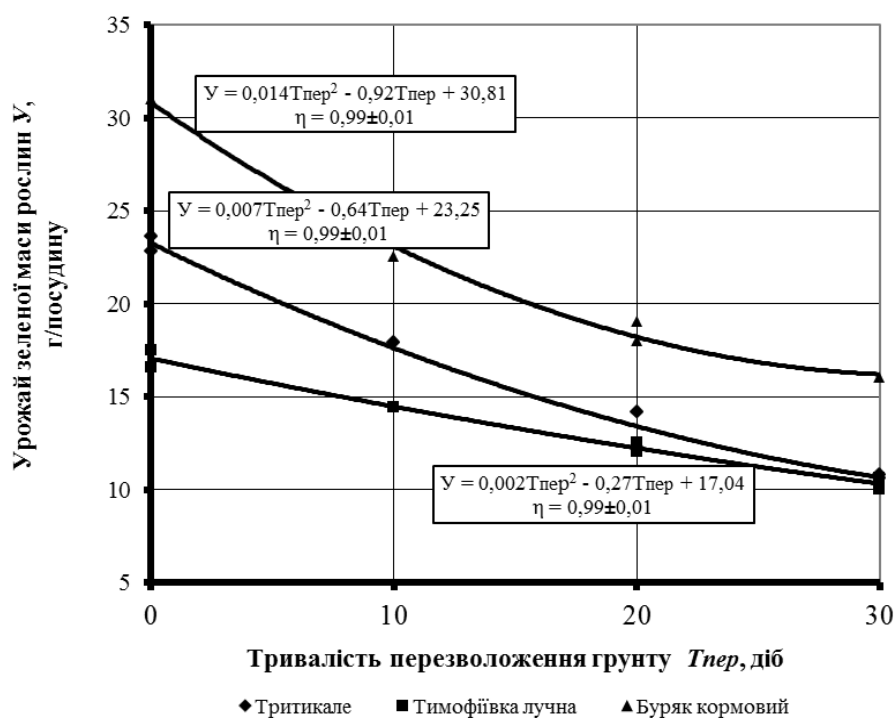


Рис. 5.3. Залежності врожаю сільськогосподарських культур від тривалості перезволоження ґрунту

Аналіз наведених даних показує, що при перезволоженні ґрунту до посіву висота рослин зменшується на 25...35 %, а врожайність – на 30...40%.

У польових умовах спостерігалась така ж тенденція і при вирощуванні озимої пшениці. Так, було досліджено вплив тривалості стояння РГВ у верхніх ґрунтових горизонтах 0...30 см та 0...50 см на врожай озимої пшениці, що наочно зображено на рис. 5.4–5.5.



Рис. 5.4. Вплив тривалості стояння РГВ у верхньому ґрунтовому горизонті 0...30 см на врожай озимої пшениці

Зв'язок урожайності озимої пшениці з тривалістю стояння РГВ у ґрунтовому горизонті 0...30 см описується рівнянням

$$Y_{оз.пш.} = 2,99 \cdot e^{-0,04T_{РГВ}}, \quad (5.5)$$

де $Y_{оз.пш.}$ – врожай озимої пшениці, т/га;

$T_{РГВ}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод у верхньому ґрунтовому

горизонті 0...30 см, діб.

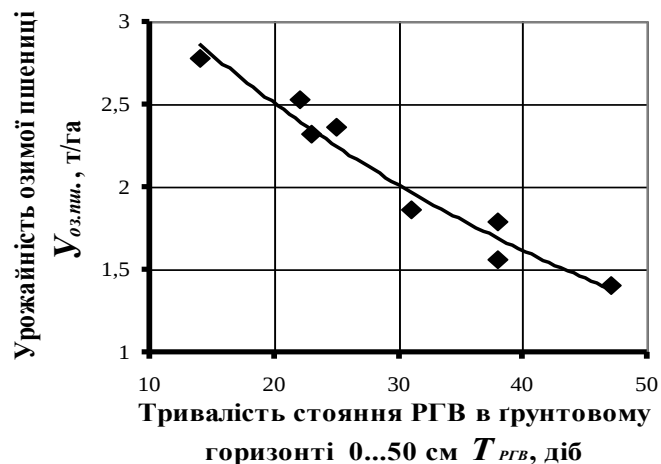


Рис. 5.5. Вплив тривалості стояння РГВ у верхньому ґрунтовому горизонті 0...50 см на врожай озимої пшениці

Статистична обробка даних показала високу кореляційну залежність між зазначеними величинами і можливість описання її криволінійним рівнянням

$$U_{оз.пш.} = 3,89 \cdot e^{-0,02T_{РГВ}}, \quad (5.6)$$

де $U_{оз.пш.}$ – врожай озимої пшениці, т/га;

$T_{РГВ}$ – тривалість стояння рівнів ґрунтових вод в верхньому ґрунтовому горизонті 0...50 см, діб.

Кореляційні відношення між отриманими залежностями (5.5–5.6) складають відповідно $\eta = 0,97 \pm 0,11$ та $\eta = 0,97 \pm 0,09$.

Таким чином, внаслідок перезволоження верхнього шару ґрунту втрати врожаю зернових колосових культур можуть сягати до 0,05 т/га на добу перезволоження.

З врахування наведених даних тривалість відведення надлишкової вологи з шару, що відповідає посівній нормі осушення – 0,6 м, не повинна перевищувати 8...10 діб для зернових і технічних культур, 15...20 діб – для багаторічних трав.

5.2. Вплив ступеня дренажу на врожайність сільськогосподарських культур

У контексті погіршення технічного стану дренажних систем ступінь зміни гідротермічного режиму під впливом інтенсивності дренажу не можна оцінити без аналізу врожаїв сільськогосподарських культур, що є інтегральним показником оптимальності факторів росту і розвитку рослин.

Відомо, що різну інтенсивність осушення на території Волинського Полісся України можна створити застосуванням дренажу з різними параметрами [22, 77, 89, 113, 116, 163, 167].

При збільшенні відстаней між дренами спостерігається виразна закономірність зниження врожайності сільськогосподарських культур (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Урожайність сільськогосподарських культур при різних відстанях між дренами при $t=1,0$ м

$P, \%$	Сільськогосподарські культури	Урожайність, т/га при E			НСР 0,5, т/га
		10 м	15 м	20 м	
1	2	3	4	5	6
5,4	кукурудза на силос	55,9	47,5	37,3	1,87
	овес	2,93	-	2,25	0,156
8,1	озима пшениця	2,87	2,3	2,02	0,18

Ці дані показують, що зі збільшенням відстаней між дренами E відбувається зниження врожаїв сільськогосподарських культур. При збільшенні E з 10 до 20 м при сталому $t=1,0$ м спостерігається зменшення врожаю кукурудзи на силос – у 1,5 рази, вівса – у 1,3 рази, озимої пшениці – у 1,4 рази.

Значний вплив на врожай сільськогосподарських культур має ступінь дренажування. В умовах погіршення технічного стану дренажних систем менша величина ступеня дренажування забезпечує одержання більш низьких врожаїв сільськогосподарських культур (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Середня врожайність сільськогосподарських культур залежно від ступеня дренажування

Ступінь дренажування $N, \%$	Урожайність с/г культур, виражена в кормових одиницях, т/га	
	озима пшениця	кукурудза на силос
1	2	3
12	3,55	15,69
10	3,24	14,62
8	2,88	13,91
8	2,99	13,54
6,7	2,5	12,65
6	2,51	11,4
5,3	2,4	12,37
5	2,15	10,95
4	1,94	10,62

При зменшенні ступеня дренажування з 12 % до 4 % спостерігається зниження середньої врожайності озимої пшениці та кукурудзи на силос у 1,8 та 1,5 рази відповідно.

Графічно це зображено на рис. 5.6.

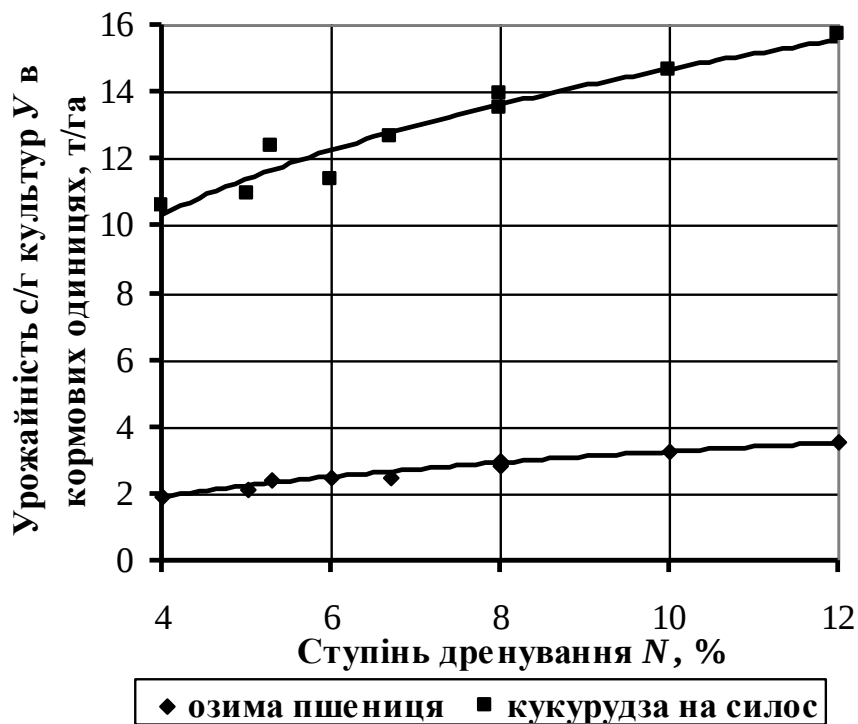


Рис. 5.6. Зв'язок середньої врожайності озимої пшениці та кукурудзи на силос зі ступенем дренажування

Зв'язок між урожайністю цих сільськогосподарських культур та ступенем дренажування описується рівняннями

$$U_{\text{оз.пш.}} = 1,47 \cdot \ln(N) - 0,15 ; \quad (5.7)$$

$$U_{\text{кукур.}} = 4,76 \cdot \ln(N) + 3,72 , \quad (5.8)$$

де $U_{\text{оз.пш.}}$, $U_{\text{кукур.}}$ – середня врожайність озимої пшениці та кукурудзи на силос, виражена в кормових одиницях відповідно, т/га.

Кореляційні відношення залежностей (5.7–5.8) становлять відповідно $\eta = 0,99 \pm 0,06$ і $\eta = 0,97 \pm 0,09$.

Зменшення інтенсивності осушення сприяє не тільки зниженню врожаїв сільськогосподарських культур, але й погіршенню їхньої якості.

Проведені дослідження вказують на тенденцію до зниження ваги 1000 зерен, 1 літра зерна, а також клейковини при зменшенні ступеня дренажування N (рис. 5.7–5.8).

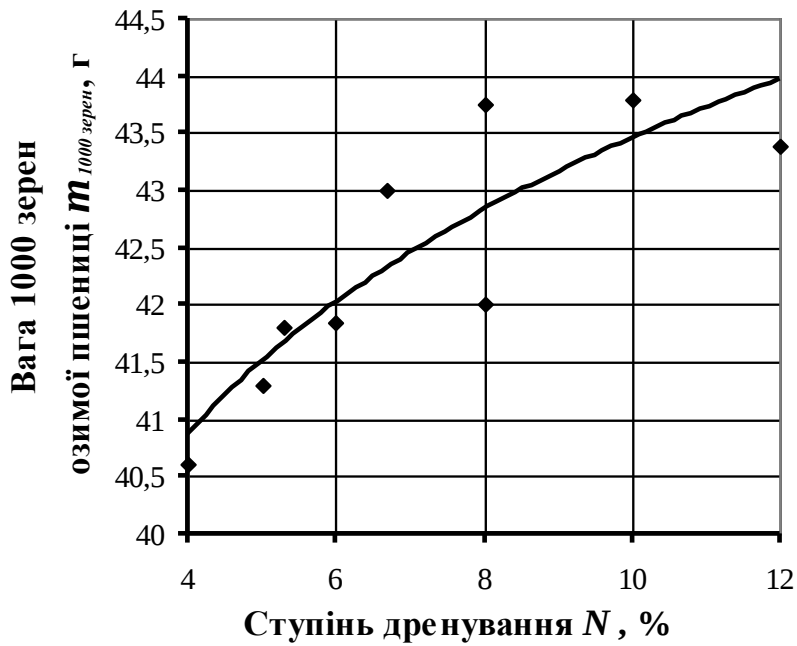


Рис. 5.7. Зв'язок ступеня дренажу з вагою 1000 зерен озимої пшениці

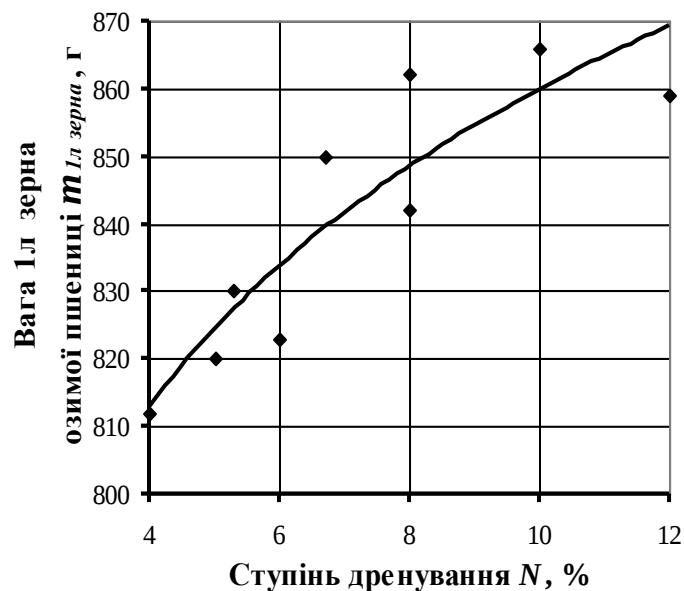


Рис. 5.8. Вплив ступеня дренажу на вагу 1 л зерна озимої пшениці

При погіршенні технічного стану осушувальних систем на 10 чи 20 %, тобто при ступені дренажу рівному $N=10,8\%$ та $N=9,6\%$, спостерігається зниження ваги 1000 зерен на 0,3 і 0,7 г для озимої пшениці відповідно, а ваги 1 л зерна – на 6,1 і 12,2 г.

Статистична обробка даних рис. 5.7 та 5.8 дала можливість отримати рівняння, що характеризують зв'язок ваги 1000 зерен та 1 літра зерна озимої пшениці з ступенем дренажу:

$$m_{1000 \text{ зерен}} = 2,81 \cdot \ln(N) + 36,98 ; \quad (5.9)$$

$$m_{1л.зерна} = 51,31 \cdot \ln(N) + 741,8 , \quad (5.10)$$

де $m_{1000\text{зерен}}$, $m_{1\text{л.зерна}}$ – вага 1000 зерен та 1 л зерна озимої пшениці відповідно, г.

Коефіцієнти кореляції залежностей (5.9–5.10) достатньо високі: $\eta = 0,87 \pm 0,19$ і $\eta = 0,9 \pm 0,17$.

Погіршення якості продукції зі зменшенням інтенсивності осушення спостерігалось і при вирощуванні інших сільськогосподарських культур. Так, в умовах погіршення технічного стану дренажних систем, вміст сирого протеїну в зернах ячменю зменшився з 15,7 % при глибині закладання дрен 1,2 м до 13,9 % при $t=1,0$ м. Більш низький вміст сухої речовини виявляється на варіантах рідкого дренажу в кукурудзі (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Вміст сухої речовини в кукурудзі залежно від віддалення від дрени

Відстань між дренами E , м	Вміст сухої речовини, %, в міру віддалення від дренажної засипки, м				
	дрена	1	3	міждрення	середнє значення
10	21,3	21,0	18,4	18,0	19,6
15	21,1	18,6	17,6	16,6	18,5
20	21,1	18,4	16,8	16,3	18,1

Таким чином, зниження ступеня дренажування призводить не тільки до зменшення виходу сільськогосподарської продукції, але й дещо погіршує її якісні показники.

Алгоритм оцінки впливу ступеня дренажування на водний та температурний режими дренажних ґрунтів, урожайність сільськогосподарських культур при зміні технічного стану дренажних систем наведений на рис. 5.9.

Рівень урожайності сільськогосподарських культур знаходить відображення в економічній ефективності капітальних вкладень, що інвестуються в меліоративне будівництво.

5.3. Економічна ефективність вкладання коштів у повну реконструкцію дренажної системи

Капітальні вкладення в повну реконструкцію дренажної системи забезпечують одержання відповідних результатів, що прийнято називати ефектом. У результаті здійснення комплексу водогосподарських заходів виникають різні види ефекту: екологічний, соціальний та економічний.

Економічну ефективність повної реконструкції дренажної системи встановлено шляхом визначення її абсолютних та порівняльних показників.

5.3.1. Визначення капітальних вкладень у повну реконструкцію дренажної системи

Капітальні вкладення в повну реконструкцію дренажу гідромеліоративної системи визначалися за програмним комплексом АВК-5 (3.10.1).

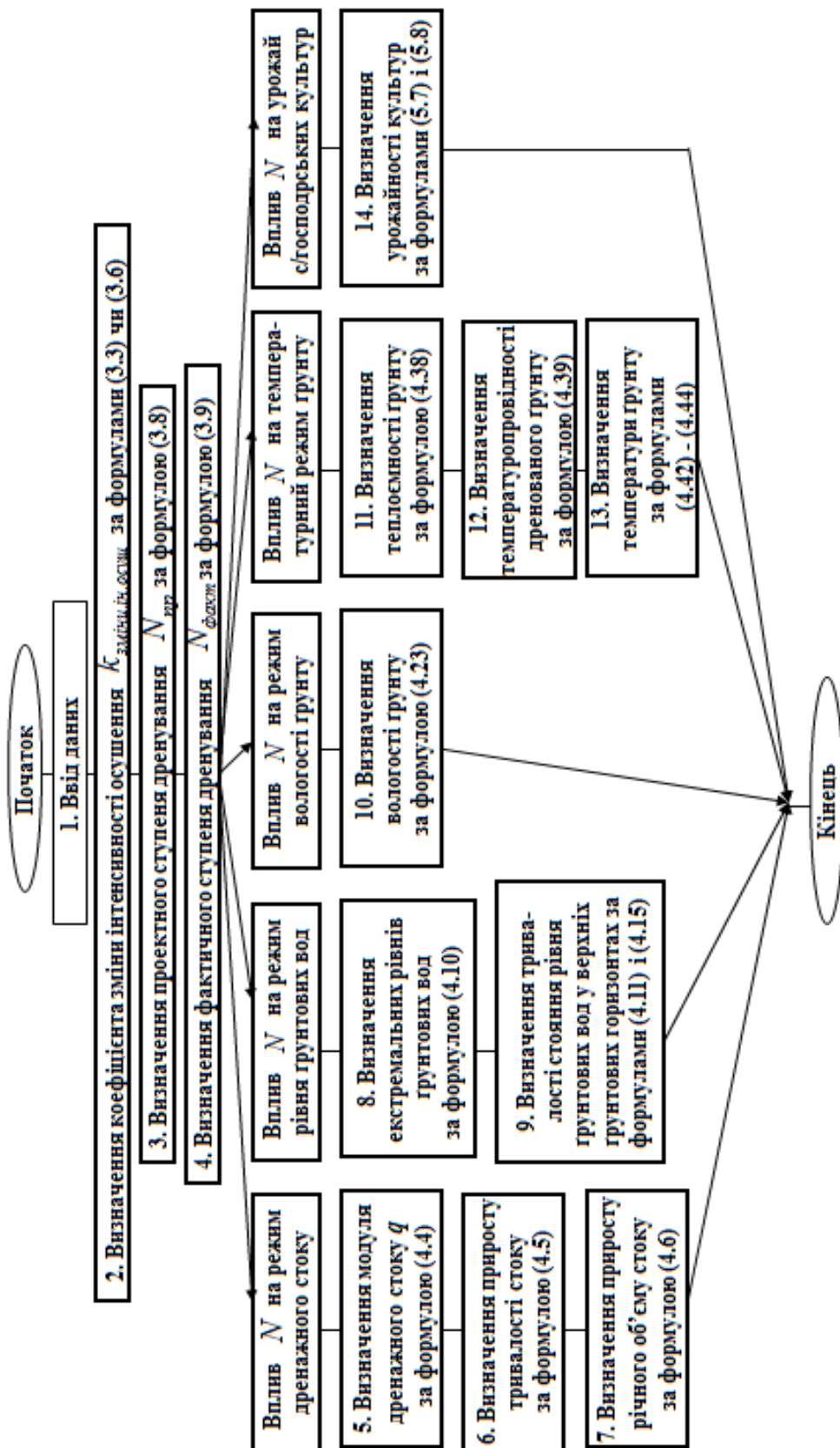


Рис. 5.9. Блок-схема алгоритму оцінки впливу ступеня дренажу на водний та температурний режими дренажних ґрунтів, урожайність сільськогосподарських культур при зміні технічного стану дренажних систем

Розрахунок проводили для дренажної системи згідно з підрахованими об'ємами робіт, кошторисними нормами на об'єкти водогосподарського меліоративного будівництва, що включалися до зведеного кошторисного розрахунку [130]. Вартість повної реконструкції 1 га дренажу гідромеліоративної системи з різними параметрами дренажу вказана в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Капітальні вкладення в повну реконструкцію 1 га дренажу гідромеліоративної системи при різних його параметрах

Відстань між дренами E , м	Капітальні вкладення K на 1 га повної реконструкції, грн./га, при різній глибині закладання дренажу t		
	0,8 м	1,0 м	1,2 м
10	316934	335380	353826
15	247244	261634	276024
20	212544	224914	237284
30	170794	180734	190674

Дані табл. 5.4 доводять, що величина капітальних вкладень у повну реконструкцію 1 га дренажу зростає в міру зменшення відстані між дренами і збільшення глибини їхнього закладання.

Графічно дані таблиці 5.4 зображено на рис. 5.10.

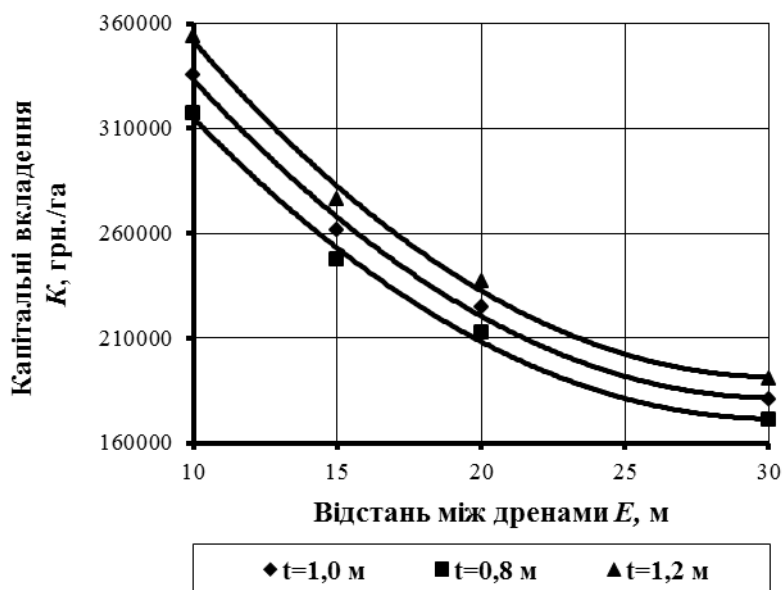


Рис. 5.10. Вплив зміни відстаней між дренами на величину капітальних вкладень у повну реконструкцію 1 га дренажу

З рис. 5.10 видно, що зв'язок відстаней між дренами з капітальними вкладеннями в повну реконструкцію дренажу при різних глибинах закладання дрен описується криволінійними залежностями:

при глибині дренажу $t = 0,8\text{ м}$

$$K_{t=0,8\text{ м}} = 348,35 \cdot E^2 - 21100 \cdot E + 490994; \quad (5.11)$$

при глибині дренажу $t = 1,0\text{ м}$

$$K_{t=1,0,m} = 368,62 \cdot E^2 - 22328 \cdot E + 519570; \quad (5.12)$$

при глибині дренажу $t = 1,2m$

$$K_{t=1,2,m} = 388,89 \cdot E^2 - 23556 \cdot E + 548146, \quad (5.13)$$

де K – капітальні вкладення, грн./га; E – відстань між дренами, м.

Загальний вид рівняння, яке характеризує зв'язок капітальних вкладень із відстанню між дренами та глибиною їхнього закладання, має вигляд:

$$K = 4,13E5 - 20315 \cdot E + 1,07E5 \cdot t + 368,62 \cdot E^2 - 0,00 \cdot t^2 - 2013,2 \cdot E \cdot t. \quad (5.14)$$

Кореляційні відношення отриманих залежностей (5.11–5.14) коливаються в межах 0,99...1,0, що свідчить про тісний зв'язок між вказаними величинами.

Як відомо, відстань між дренами з глибиною закладання дрена – один з найбільш важливих факторів, що визначають, з одного боку, інтенсивність осушення перезволожених ґрунтів, з іншого, – вартість вкладання дренажу, потребу дренажних труб, окупність дренажних систем та інші економічні показники.

Отже, в умовах Волинського Полісся на повну реконструкцію дренажу разом із спорудами, провідною мережею і водоприймачами, необхідно витратити від 170 до 360 тис.грн./га. Швидко окупність таких великих капіталовкладень можна забезпечити тільки при високопродуктивному використанні осушених земель. Однак можливість отримання високих урожаїв на мінеральних ґрунтах, що переважають на території Волинського Полісся України, обмежена їхньою природною родючістю.

5.3.2. Визначення показників економічної ефективності капітальних вкладень у повну реконструкцію дренажної системи.

Збільшення інтенсивності осушення потребує підвищення капітальних вкладень у меліорацію земель. Тому розглянемо економічний аспект цього питання.

Важливим показником, що характеризує загальну ефективність меліоративного проекту, є *термін окупності капітальних вкладень*. Розрахунок цього показника проводимо на основі оберненого співвідношення капітальних вкладень і чистого доходу [26, 156].

При співставленні різних варіантів технічних рішень чи проектів, виборі першочергових меліоративних об'єктів, впровадженні нових видів техніки, реконструкції діючих дренажних систем тощо визначається *порівняльна економічна ефективність* [76, 156].

Адже вибір найпривабливішого варіанту проекту серед кількох альтернативних – перший важливий та необхідний етап економічного обґрунтування доцільності інвестицій. Правомірним є порівняння лише однотипних за спеціалізацією об'єктів, які вирішують однакові завдання, але з різними затратами та ефектом. Згідно із загальноприйнятими підходами, як критерій порівняльної економічної ефективності меліоративних заходів у вітчизняній практиці традиційно виступає показник *приведених витрат*. Це

сума поточних витрат і капітальних вкладень відповідно до нормативів порівняльної економічної ефективності [26, 76, 156].

Оскільки порівнювані варіанти можуть мати неоднаковий об'єм продукції, то використовуємо коефіцієнт приведення витрат до однакового об'єму виробництва продукції.

Вихід валової продукції рослинництва характеризує рівень розвитку сільськогосподарського виробництва на меліорованих землях. Від його величини залежать усі показники ефективності меліорації земель [33, 34].

Для визначення кількості і вартості продукції рослинництва, а також змін в об'ємі цієї продукції, що виникнуть у результаті повної реконструкції дренажної системи, необхідно знати структуру використання осушуваних земель під сільськогосподарські культури, їхню врожайність і закупівельні ціни на окремі види продукції.

Вартість валової продукції рослинництва визначається за закупівельними цінами на сільськогосподарську продукцію

$$ВП_i = P_i \cdot U_i \cdot C_i, \quad (5.15)$$

де $ВП_i$ – валова продукція i -ї культури, грн./га; P_i – площа i -ї культури, га; U_i – урожайність i -ї культури, т/га; C_i – закупівельна ціна на продукцію i -ї культури, грн./т.

Сільськогосподарські культури, що вирощувалися на дослідній ділянці в ПСП “Мирне”, оцінювалися в перерахунку на кормові одиниці за поточними закупівельними цінами.

У загальну суму поточних витрат із виробництва сільськогосподарської продукції рослинництва на меліоративних землях містяться поточні сільськогосподарські та експлуатаційні витрати

$$C_i = C_i^{cz} + C_i^e, \quad (5.16)$$

де C_i – поточні витрати за i -им варіантом, грн./га;

C_i^{cz} – сільськогосподарські витрати за i -им варіантом, грн./га;

C_i^e – експлуатаційні витрати, пов'язані з підтриманням меліоративної системи в робочому стані за i -им варіантом, грн./га.

Сільськогосподарські витрати виробництва на меліорованих землях містять оплату праці, витрати на паливно-мастильні матеріали, насіння, добрива, амортизаційні відрахування на основні фонди, витрати на поточний ремонт, накладні витрати тощо.

Щорічні експлуатаційні витрати на меліоративну систему враховують амортизаційні відрахування, витрати на капітальний та поточний ремонт, витрати на експлуатацію меліоративної техніки й заробітну плату експлуатаційного персоналу.

Чистий дохід визначається як різниця між вартістю валової продукції і поточними витратами на її виробництво

$$\mathcal{C}\mathcal{D}_i = \mathcal{B}\mathcal{P}_i - C_i, \quad (5.17)$$

де $\mathcal{C}\mathcal{D}_i$ – чистий дохід за i -им варіантом, грн./га;

$\mathcal{B}\mathcal{P}_i$ – вартість валової продукції за i -им варіантом, грн./га;

C_i – поточні витрати за i -им варіантом, грн./га.

За наведеними вище формулами розрахуємо показники економічної ефективності дренажу, які подано в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Основні техніко-економічні показники варіантів дренажу

Варіанти			Урожайність Y , т/га	Закупівельна ціна C , грн./т	Валова продукція $\mathcal{B}\mathcal{P}$, грн./га	Поточні витрати C , грн./га	Чистий дохід $\mathcal{C}\mathcal{D}$, грн./га
t , м	E , м	Ступінь дренування N , %					
1	2	3	4	5	6	7	8
0,8	20	4	2,43	7300	17739	17400	339
1,0	20	5	2,59	7300	18907	17941	966
1,2	20	6	2,85	7300	20805	18584	2221
0,8	15	5,3	2,91	7300	21243	18876	2367
1,0	15	6,7	3,02	7300	22046	19353	2693
1,2	15	8	3,40	7300	24820	20340	4480
1,0	10	10	3,67	7300	26791	21978	4813
1,2	10	12	3,94	7300	28762	22839	5923
1,2	13	9,2	3,67	7300	26791	21451	5340

Використовуючи дані табл. 5.5, можна встановити зв'язок урожайності сільськогосподарських культур, виражену в кормових одиницях, та поточних витрат зі ступенем дреноування (рис. 5.11–5.12).

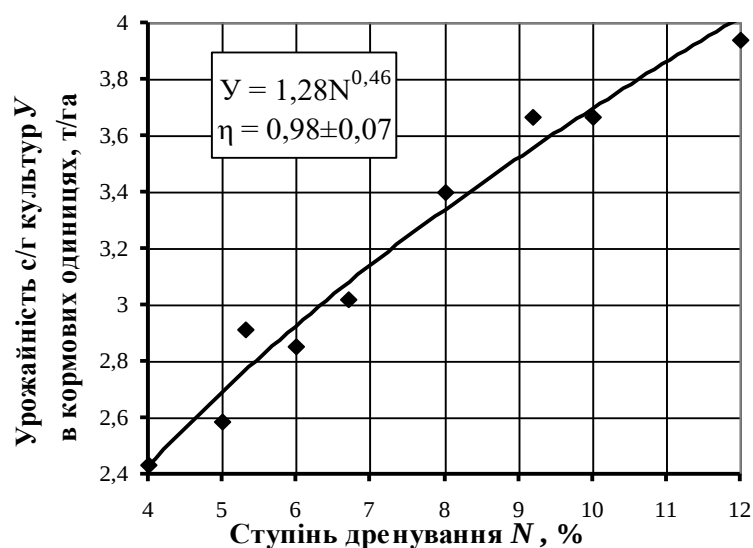


Рис. 5.11. Вплив ступеня дреноування на урожайність сільськогосподарських культур

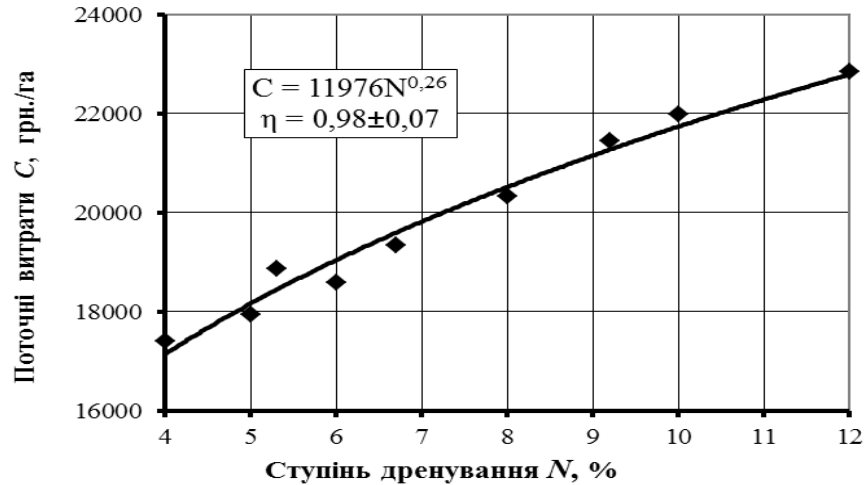


Рис. 5.12. Поточні витрати залежно від ступеня дренажу

Знаючи величину капітальних вкладень у повну реконструкцію дренажної системи та використовуючи дані табл. 5.4, визначаємо термін їхньої окупності та приведені витрати *ПВ* (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

Показники абсолютної економічної ефективності капітальних вкладень за варіантами дренажу

t , м	E , м	Ступінь дренажу N , %	Капітальні вкладення K , грн./га	Термін окупності T_K , років	Приведені витрати <i>ПВ</i> , грн./га
1	2	3	4	5	6
0,8	20	4	212544	628	69567
1,0	20	5	224914	233	68351
1,2	20	6	237284	107	65056
0,8	15	5,3	247244	104	65727
1,0	15	6,7	261634	97	66209
1,2	15	8	276024	62	61955
1,0	10	10	335380	70	66802
1,2	10	12	353826	60	65298
1,2	13	9,2	307640	58	62662

Термін окупності капітальних вкладень характеризує тривалість періоду, протягом якого вони окупляться за рахунок річного приросту економічного ефекту (чистого доходу). Він визначається як відношення величини капітальних вкладень до річного приросту економічного ефекту [33]

$$T_{K_i} = \frac{K_i}{ЧД_i}, \quad (5.18)$$

де T_{K_i} – термін окупності капітальних вкладень за i -им варіантом, років;

K_i – капітальні вкладення за i -им варіантом, грн./га;

$ЧД_i$ – чистий дохід за i -им варіантом, грн./га.

Приведені витрати – це сума поточних витрат і капітальних вкладень відповідно до нормативів порівняльної економічної ефективності. Оптимальним вважається варіант з мінімальною сумою приведених витрат

$$ПВ_i = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (5.19)$$

де $ПВ_i$ – приведені витрати за i -им варіантом, грн./га;

C_i – поточні витрати за i -им варіантом, грн./га;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_i – капітальні вкладення за i -им варіантом, грн./га.

Використовуючи дані табл. 5.5–5.6, ми провели аналіз зв'язку ступеня дренажу з такими величинами, як капітальні вкладення, величина валової продукції, чистий дохід та приведені витрати й отримали відповідні рівняння.

Графік зв'язку капітальних вкладень у повну реконструкцію 1 га дренажу зі ступенем дренажу зображено на рис. 5.13.

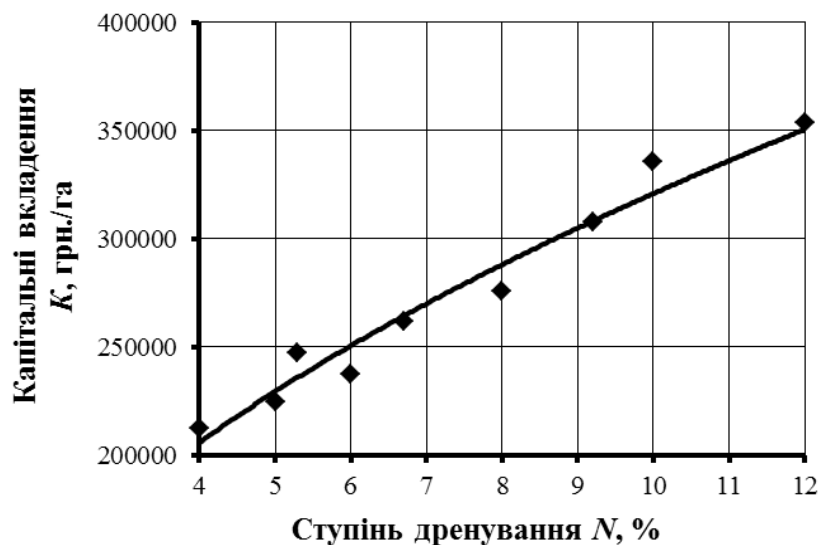


Рис. 5.13. Залежність капітальних вкладень від ступеня дренажу

Статистична обробка даних рис. 5.13 показала високу кореляційну залежність між даними величинами ($\eta = 0,98 \pm 0,07$), що описується рівнянням

$$K = 105380 \cdot N^{0,48}, \quad (5.20)$$

де K – капітальні вкладення в повну реконструкцію 1 га дренажу, грн./га.

Отримано рівняння та встановлена тіснота зв'язку ($\eta = 0,99 \pm 0,01$) між величиною валової продукції й ступенем дренажу

$$ВП = 9373,4 \cdot N^{0,46}, \quad (5.21)$$

де $ВП$ – величина валової продукції, грн./га.

Графічно цей зв'язок зображений на рис. 5.14.

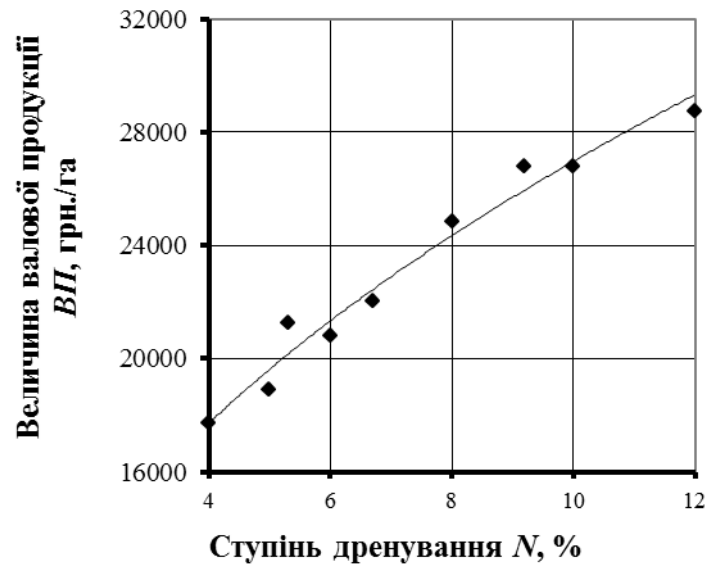


Рис. 5.14. Величина валової продукції залежно від ступеня дренажу

Проаналізувавши рис. 5.14, можна стверджувати, що в умовах зниження ступеня дренажу N спостерігається спад величини валової продукції $ВП$. Так, при зменшенні N з 12 до 4 % значення $ВП$ скоротилося в 1,6 рази.

Залежність чистого доходу від ступеня дренажу подано на рис. 5.15.

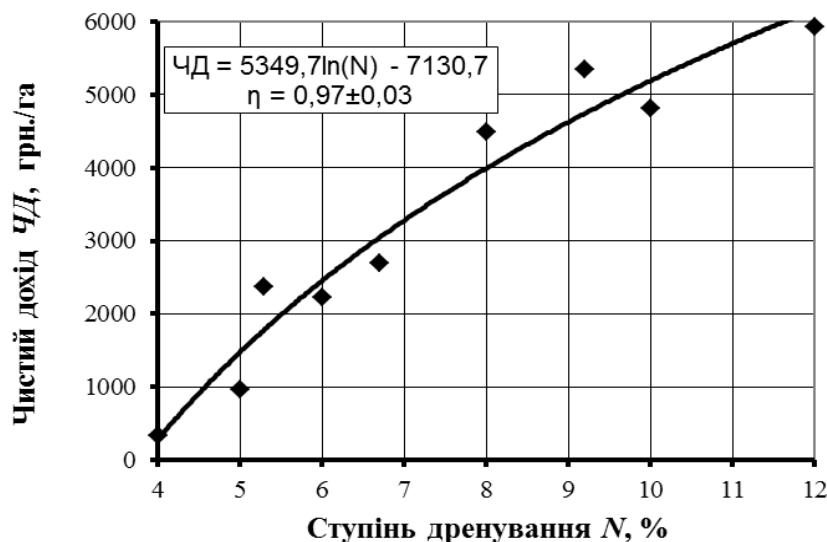


Рис. 5.15. Зв'язок чистого доходу зі ступенем дренажу

З рис. 5.15 видно, що на всіх варіантах дренажу ($N=4...12$ %) спостерігаються не високі значення величини чистого доходу. Це пояснюється тим, що в сучасних умовах на території досліджуваного району існують низькі ціни на сільськогосподарську продукцію при зростаючих поточних витратах.

Ступінь дренажу впливає також на приведені витрати (рис. 5.16).

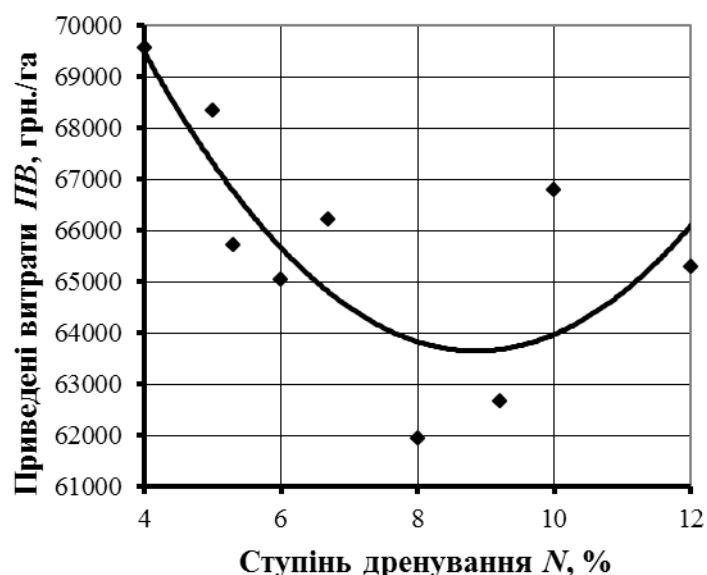


Рис. 5.16. Величина приведених витрат залежно від ступеня дренажу

Статистична обробка даних дала можливість визначити тісноту зв'язку між вказаними величинами, що описується рівнянням

$$ПВ = 247,32 \cdot N^2 - 4379,5 \cdot N + 83039 ; \quad (5.22)$$

$$\eta = 0,79 \pm 0,27 ,$$

де $ПВ$ – приведені витрати, грн./га; N – ступінь дренажу, %.

Ці рівняння отримані для дерново-підзолистих глейових супіщаних ґрунтів, перезволоження яких відбувається за рахунок високого стояння РГВ.

З економічного розрахунку можливості вкладання коштів у повну реконструкцію 1 га дренажу, що приводиться в табл. 5.5–5.6 та рис. 5.13–5.16, означає, що при такому низькому паритеті цін на сільськогосподарську продукцію недоцільно вкладати такі великі капітальні вкладення в повну реконструкцію дренажної системи.

Нами зроблено прогноз оцінки можливості окупності коштів, вкладених у повну реконструкцію 1 га дренажу, допустивши в майбутньому підвищення врожайності сільськогосподарських культур на 20, 40, 60 та 80 % (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Економічна ефективність варіантів дренажу при можливому підвищенні врожайності сільськогосподарських культур

t , м	E , м	N , %	Підвищення врожайності сільськогосподарських культур, % від її дійсних значень							
			на 20 %		на 40 %		на 60 %		на 80 %	
			$ВП$, грн./га	T_K , років	$ВП$, грн./га	T_K , років	$ВП$, грн./га	T_K , років	$ВП$, грн./га	T_K , років
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,8	20	4	21286,8	55	24834,6	29	28382,4	19	31930,2	15

Продовження табл. 5.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1,0	20	5	22688,4	47	26469,8	26	30251,2	18	34032,6	14
1,2	20	6	24966	37	29127	23	33288	16	37449	13
0,8	15	5,3	25491,6	37	29740,2	23	33988,8	16	38237,4	13
1,0	15	6,7	26455,2	37	30864,4	23	35273,6	16	39682,8	13
1,2	15	8	29784	29	34748	19	39712	14	44676	11
1,0	10	10	32149,2	33	37507,4	22	42865,6	16	48223,8	13
1,2	10	12	34514,4	30	40266,8	20	46019,2	15	51771,6	12
1,2	13	9,2	32149,3	29	37507,4	19	42865,6	14	48223,8	11

З табл. 5.7 видно, що при підвищенні врожайності сільськогосподарських культур на 20, 40 %, капітальні вкладення в повну реконструкцію 1 га дренажної системи окуповуються за 19–55 років. Лише при підвищенні врожайності сільськогосподарських культур на 60 чи 80 % від реальних показників, капітальні вкладення окупляться інвестору за 11–18 років.

Із зазначеного вище випливає, що за сучасним станом цінової політики повна реконструкція дренажних систем є економічно не вигідною, тому доцільно удосконалювати їхні окремі елементи (дренажна лінія, дренажний колодязь, гирлова споруда).

Виходячи з цього, необхідно визначати обсяг часткової реконструкції та граничні величини капітальних вкладень при проектуванні реконструкції дренажу. Розрахунок економічної ефективності при встановленні граничних величин капітальних вкладень та поточних витрат у часткову реконструкцію 1 га дренажу з терміном окупності 10, 15 та 20 років наведений в табл. 5.8-5.9.

Таблиця 5.8

**Економічна ефективність варіантів дренажу при встановленому
землевласником терміні окупності капітальних вкладень**

t , м	E , м	N , %	Можливі капітальні вкладення K у часткову реконструкцію 1 га дренажу при заданому терміні окупності T_K					
			T_K , років	K , грн./га	T_K , років	K , грн./га	T_K , років	K , грн./га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,8	20	4	10	36782	15	51093	20	63435
1,0	20	5		44025		61156		75928
1,2	20	6		56546		78549		97522
0,8	15	5,3		59370		82471		102391
1,0	15	6,7		64403		89463		111072
1,2	15	8		81714		113510		140928
1,0	10	10		93992		130564		162102
1,2	10	12		106269		147619		183276
1,2	13	9,2		93992		130564		162102

Таблиця 5.9

**Поточні витрати для варіантів дренажу при встановленому
землевласником терміні окупності капітальних вкладень**

t , м	E , м	N , %	Можливі поточні витрати C у часткову реконструкцію 1 га дренажу при заданому терміні окупності T_K					
			T_K , років	C , грн./га	T_K , років	C , грн./га	T_K , років	C , грн./га
0,8	20	4	10	14061	15	14333	20	14567
1,0	20	5		14504		14830		15111
1,2	20	6		15150		15568		15929
0,8	15	5,3		15306		15745		16123
1,0	15	6,7		15606		16082		16492
1,2	15	8		16649		17253		17774
1,0	10	10		17392		18087		18686
1,2	10	12		18135		18921		19598
1,2	13	9,2		17392		18087		18686

З даних табл. 5.8-5.9 видно, що при заданих землевласником термінах окупності капітальних вкладень у часткову реконструкцію 1 га дренажу, ми можемо вкласти та витратити кошти в наступних граничних межах:

1) K при $T_K=10$ років – **36782...106269** грн./га, при $T_K=15$ років – **51093...147619** грн./га та $T_K=20$ років – **63435...183276** грн./га.;

2) C при $T_K=10$ років – **14061...18135** грн./га, при $T_K=15$ років – **14333...18921** грн./га та $T_K=20$ років – **14567...19598** грн./га.

6. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНИХ ВІДСТАНЕЙ МІЖ ДРЕНАМИ

Землевласник, з тієї чи іншої причини, може прийняти рішення про повномасштабну реконструкцію існуючої осушувальної системи або проведення осушення та введення в експлуатацію нових перезволожених земель. При цьому виникне питання обґрунтування відстаней між регулюючою мережею, яке є ключовим при проектуванні закритих дренажних систем.

Тому при проектуванні дренажу слід застосовувати регіональні методики, що враховують перелічені фактори та дозволяють використовувати при їх обґрунтуванні оптимальні відстані між дренами, отримані в натурних умовах.

6.1. Методика розрахунку відстаней між дренами

З метою здобуття залежності для розрахунку відстаней між дренами на мінеральних ґрунтах Волинського Полісся України розглянемо формулу О.М. Костякова [85], ввівши в неї коефіцієнт що враховує ступінь недосконалості дренажу [77, 211]:

$$E = 2 \sqrt{\frac{K \cdot T \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot B}{\varphi \cdot \beta \cdot (h_1 - h_2)}}, \quad (6.1)$$

де B – коефіцієнт висячості;

K – коефіцієнт фільтрації, м/добу;

T – тривалість розрахункового періоду осушення, доба;

$h_1 \cdot h_2$ – напір води над дном дрени відповідно на початок і кінець розрахункового періоду осушення, м.

φ – коефіцієнт депресії;

β – коефіцієнт водовіддачі.

Запишемо формулу 6.1 в наступному вигляді:

$$E = 2 \sqrt{\frac{T \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot B}{\varphi \cdot (h_1 - h_2)}} \cdot \sqrt{\frac{K}{\beta}}, \quad (6.2)$$

Для природних умов конкретного об'єкту значення T , h_1 , h_2 , B , φ приймаються постійними. У цьому випадку величина виразу

$$2 \sqrt{\frac{T \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot B}{\varphi \cdot (h_1 - h_2)}}$$

також буде постійною. Позначимо її через A . Тоді формула 6.1 прийме вигляд:

$$E = A \cdot \sqrt{\frac{K}{\beta}}. \quad (6.3)$$

У формулі 6.3 відомими величинами є оптимальні відстані між дренами - 13 м і коефіцієнт фільтрації, зони закладки дрени, визначений способом відновлення рівня ґрунтової води в свердловині із застосуванням формули Г.Д. Еркіна $K = 0,12$ м/добу.

Коефіцієнт водовіддачі для мінеральних ґрунтів розрахуємо по формулі Г.Д. Еркіна:

$$\beta = 0,056 \cdot K^{\frac{1}{2}} \cdot \Delta H^{\frac{1}{3}}, \quad (6.4)$$

де ΔH - шар ґрунту, з якого проводиться відведення гравітаційної вологи; може бути прийнято рівним посівній нормі осушення – 0,6 м.

$$\beta = 0,056 \cdot 0,12^{\frac{1}{2}} \cdot 0,6^{\frac{1}{3}} = 0,016.$$

Таким чином, залишається одне невідоме емпіричний параметр – A , який обчислимо за формулою 6.3.

Проте, перш ніж вирішити формулу 6.3 відносно A , необхідно відповісти на питання наскільки коректною є характеристика водопроникності двошарового середовища при розрахунку E по коефіцієнтах фільтрації верхнього шару. Для цього проаналізуємо мінливість відстаней між дренами при різних співвідношеннях коефіцієнтів фільтрації і потужності шарів.

Стосовно даної схеми (коефіцієнт фільтрації нижнього шару більше коефіцієнта фільтрації верхнього шару, а потужність верхнього шару більше глибини закладки дрени, що являється характерним для умов Волинського Полісся України) використовуємо формули Ернста і А.І. Мурашка [118].

Формула Ернста:

$$h = q \cdot \frac{m_v}{K_1} + \frac{q \cdot E^2}{8 \cdot (K_1 \cdot m_1 + K_2 \cdot m_2)} + \frac{q \cdot E}{\pi \cdot K_1} \cdot \ln \frac{c \cdot m_o}{\pi \cdot r}, \quad (6.5)$$

де h – напір ґрунтових вод у середині смуги між дренами, м;

q – розрахунковий дренажний стік, м/добу;

m_v – товщина шару, через який відбувається вертикальні рухи води, м;

m_1 – потужність верхнього шару, м;

m_2 – потужність нижнього шару, м;

r – радіус дрени, м;

c – фактор геометрії радіального течії;

K_1, K_2 – коефіцієнти фільтрації верхнього і нижнього шару, м/добу;

m_o – потужність шару від верху дрени до лінії розділу шарів.

Формула Мурашко:

$$E = 4 \cdot \left(\sqrt{L_{\text{нo}} + \frac{h_p \cdot A_n}{2 \cdot q_p}} - L_{\text{нo}} \right), \quad (6.6)$$

де $L_{\text{нo}}$ – загальні фільтраційні опори, м;

h_p – розрахунковий напір, м;

A_n – провідність пласта, м²/добу;

q_p – розрахунковий дренажний стік, м/добу.

Дані розрахунків (табл. 6.1, 6.2, 6.3) показують, що якщо потужність верхнього шару більше глибини закладки дрен, то при значеннях $K_2 \leq 1,5$ м/добу, а $K_1 \leq 1,0$ м/добу відстані між дренами можна обчислювати як для одношарового ґрунту з підстановкою у формулу коефіцієнта фільтрації верхнього шару. Похибка при розрахунках E буде менше 10% при $m_1 \geq 1,8$ м, тобто тоді лінія розділу шарів знаходиться на глибині $\geq 0,6$ м від дна дрени.

Таблиця 6.1

Вплив K_2 на відстань між дренами.

$m_1 = 1,5$ м; $m_2 = 1,0$ м; $t = 1,2$ м. По Ернсту.

K_2 , м/добу	Відстань між дренами, м, при K_1 , м/добу		
	0,2	0,5	1,0
1	2	3	4
0,2	14,0	-	-
0,5	14,5	25,0	-
1,0	15,0	26,0	33,0
1,5	15,4	27,0	34,5
3,0	17,0	30,0	42,0

Таблиця 6.2

Вплив K_2 на відстань між дренами.

$m_1 = 1,8$ м; $m_2 = 10$ м; $t = 1,2$ м. По А.І. Мурашку.

K_2 , м/добу	Відстань між дренами, м, при K_1 , м/добу		
	0,2	0,5	1,0
1	2	3	4
0,2	13,0	-	-
0,5	13,5	29,0	-
1,0	13,5	31,5	51,5
1,5	13,5	32,0	55,5
3,0	13,5	33,0	58,0

Вплив K_2 на відстань між дренами.
 $m_2 = 10$ м; $K_1 = 1,0$ м/добу; $t = 1,2$ м. По Ернсту.

K_2 , м/добу	Відстань між дренами, м, при m_1 , м/добу			
	1,5	1,8	2,0	2,5
1	2	3	4	5
1,0	36	35,5	35	34
1,5	42	39,0	38	36
3,0	52	48	45	42

Таким чином, двохшарове середовище з достатньою для практики точністю можна представити як одношарову при наступних границях:

$$1,5 \geq K_2 \geq K_1;$$

$$m_1 - t \geq 1,6,$$

що задовольняє схему досліду. Враховуючи це, знайдемо значення A :

$$A = E \cdot \sqrt{\frac{\beta}{K}} = 13 \cdot \sqrt{\frac{0,016}{0,12}} = 4,8 \text{ м}^{\frac{1}{2}} \text{добу}^{\frac{1}{2}}$$

Набутого значення A справедливо для деяких фіксованих величин, щодо відповідних умов проведення польового експерименту:

- глибина закладки дрен – 1,2 м;
- глибина залягання водоупору від дна дрени – 2,0 м;
- тривалість розрахункового періоду осушення – 8 діб;
- річна норма опадів з врахуванням поправок до свідчень опадоміра – 645 мм.

Отже, з врахуванням викладених обмежень формула 6.3 набере вигляду:

$$E = 4,8 \cdot \sqrt{\frac{K}{\beta}}. \quad (6.7)$$

Проте формула 6.7 справедлива лише для умов, в яких знаходиться дослідна ділянка. Для розширення кордонів її вживання введемо коефіцієнти, що враховують глибину закладки дрен K_t , тривалість розрахункового періоду осушення K_T , глибину залягання водоупору K_α , конструкцію дренажних ліній K_κ , гідрологічний режим водоприймача K_Γ , а також диференціюємо величину A по мірі зволоженості території. У цьому випадку можна записати

(Сапсай Г.І. [108, 167]):

$$E = A \cdot \sqrt{\frac{K}{\beta}} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_\alpha \cdot K_K \cdot K_\Gamma. \quad (6.8)$$

Виходячи з формули С.Ф. Аверьянова [1, 2] при інших рівних умовах відстань між дренами залежать від співвідношення припливу води до дрена q , тобто

$$\frac{E}{E_i} = \sqrt{\frac{q_i}{q}}. \quad (6.9)$$

Оскільки $E = f(A)$, то можна записати:

$$\frac{A}{A_i} = \sqrt{\frac{q_i}{q}}. \quad (6.10)$$

Такий підхід був би найбільш правильним при районуванні параметра A , але для цього необхідно мати в своєму розпорядженні дані розрахункових значень для різних районів даного регіону. Оскільки таких даних немає для розрахунку q_i скористаємося формулою А.М. Янголя [213]

$$q_i = q_T \cdot K_o \cdot K_B \cdot K_E, \quad (6.11)$$

де q_T – модуль дренажного стоку для фіксованих умов;

K_o , K_B , K_E – коефіцієнти, що залежать від річної норми опадів, водопроникності ґрунту, відстані між дренами.

Підставимо 6.11 в 6.10:

$$\frac{A}{A_i} = \sqrt{\frac{q_T \cdot K_{oi} \cdot K_{Bi} \cdot K_{Ei}}{q_T \cdot K_o \cdot K_B \cdot K_E}}. \quad (6.12)$$

При однаковій водопроникності ґрунту після скорочень отримаємо:

$$\frac{A}{A_i} = \sqrt{\frac{K_{oi} \cdot K_{Ei}}{K_o \cdot K_E}}. \quad (6.13)$$

Оскільки відстані між дренами для різних кліматичних умов відрізняються незначно, величиною кореня квадратного із співвідношення коефіцієнтів, що враховують відстані між дренами, можна знехтувати (табл. 6.4).

Таблиця 6.4

**Порівняння відстаней між дренами, обчислених з обліком
і без врахування коефіцієнта**

Відстані між дренами, м, при річній нормі опадів, мм						
500-600 мм	600-700 мм			700-800 мм		
	без ураху- вання K_E	з враху- ванням K_E	похибка, %	без ураху- вання K_E	з враху- ванням K_E	похибка, %
1	2	3	4	5	6	7
10	9,17	8,79	4,3	8,56	8,16	4,9
15	13,8	13,4	3,0	12,85	12,39	3,7
20	18,35	17,97	2,1	17,1	16,6	3,0
30	27,5	27,3	0,7	25,7	25,3	1,6

Виходячи з вищевикладеного, а також враховуючи, що коефіцієнт K_o визначається як співвідношення між нормою опадів в будь-якому районі регіону і районі розташування дослідної ділянки – 645 мм, формула (6.13) прийме вигляд:

$$A_i = A \cdot \sqrt{\frac{645}{\sum O_i}}, \quad (6.14)$$

де A_i – емпіричний параметр, що залежить від річної норми опадів $\sum O_i$;

A – емпіричний параметр, що відповідає умовам дослідної ділянки $A=4,8$.

Дані розрахунку величини A приведені в табл. 6.5 і на рис. 6.1

Таблиця 6.5

**Значення емпіричного параметра A залежно від річної норми
атмосферних опадів**

Річна норма опадів	500-600	600-700	700-800
Емпіричний параметр	5,2	4,8	4,45

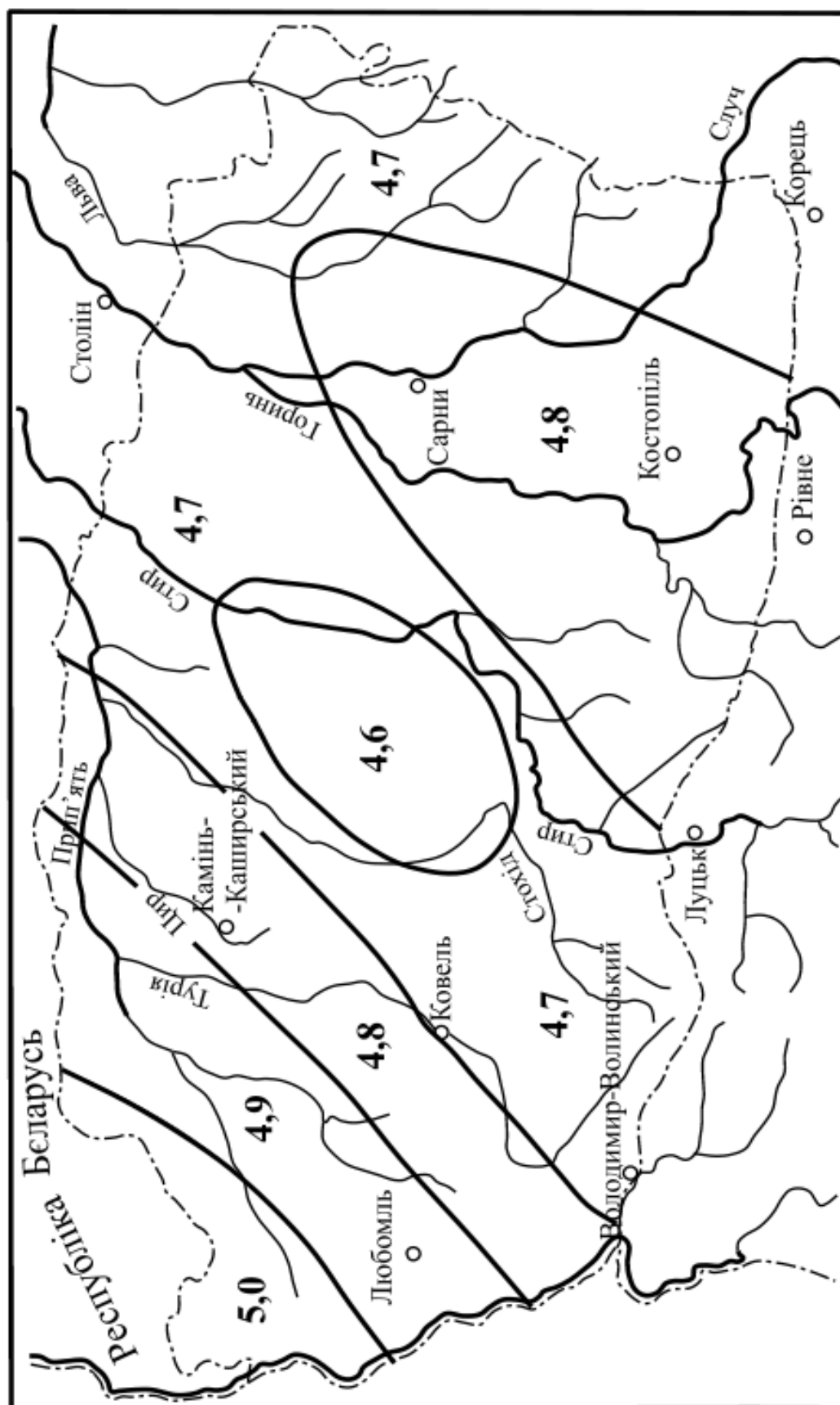


Рис. 6.1. Карта районування емпіричного параметру А на території Волинського Поліся України

Для визначення коефіцієнта, що враховує глибину закладання дрен (табл. 6.6) використані дані тривалості стояння ґрунтових вод у шарі 0,6 м (розділ 4), а також літературні джерела [155, 207].

Таблиця 6.6

Значення коефіцієнта, що враховує глибину закладання дрен

Глибина закладання дрен, м	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
K_t	0,67	0,75	0,87	1,0	1,13	1,26

Теоретичною основою для знаходження K_t , і K_α послужила формула О.М. Костякова [85], виходячи з якої можна записати (інші умови прийняти однаковими):

$$\frac{E_i}{E} = \sqrt{\frac{T_i}{T}}, \quad (6.15)$$

$$\frac{E_i}{E} = \sqrt{\frac{B_i}{B}}, \quad (6.16)$$

де E, E_i – відстань між дренами, отримана виходячи з тривалості розрахункового періоду осушення $T = 8$ діб і T_1 (формула 6.15) і коефіцієнта висячості B і B_1 (формула 6.16).

З формул 6.15 і 6.16 отримаємо:

$$K_T = \sqrt{\frac{T_i}{8}}, \quad (6.17)$$

$$K_\alpha = \sqrt{\frac{B_i}{B}}, \quad (6.18)$$

Значення коефіцієнта, що враховує тривалість розрахункового періоду осушення приведені в таблиці. 6.7.

Таблиця 6.7

Значень коефіцієнта K_T

Тривалість розрахункового періоду осушення, діб	8	10	12	14	16
K_T	1,0	1,12	1,22	1,32	1,41

Для розрахунку коефіцієнта висячості використовуємо формулу В.С. Козлова [77]:

$$B = 1 + 5,5 \cdot \sqrt{\frac{H_o - t}{H_o} \cdot \frac{r}{t}}, \quad (6.19)$$

де H_o – глибина залягання водоупору від поверхні землі, м;

r – зовнішній радіус дрени, м, для дрени з внутрішнім діаметром 0,05 м $r = 0,036$ м.

Як бачимо величина B залежить від двох чинників: глибини залягання водоупору і глибини закладання дрени.

Оцінимо ступінь впливу останньої на величину K_α , прийнявши $B = 1,75$ при $t = 1,2$ м і глибині водоупору від дна дрени 2,0 м (табл. 6.8).

Таблиця 6.8

Вплив глибини закладання дрени на величину коефіцієнта K_α

Глибина закладання дрени, м	Значення коефіцієнта K_α при глибині залягання водоупору від дна дрени, м					
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	10
1	2	3	4	5	6	7
1,0	0,94	0,98	1,0	1,01	1,02	1,04
1,2	0,93	0,97	0,99	1,0	1,02	1,04
1,4	0,93	0,96	0,98	0,99	1,01	1,04

Дані табл. 6.8 показують, якщо за основу прийняти K_α при глибині дренажу 1,2 м, то помилка при обчисленні відстаней між дренами не перевищуватиме 1%. Тому для практичних розрахунків можна використовувати дані таблиці. 6.9.

Таблиця 6.9

Значення коефіцієнта K_α

Глибина залягання водоупору від дна дрени, м	0	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	≥ 10
K_α	0,76	0,93	0,97	1,0	1,02	1,03	1,04

Значення коефіцієнта K_K приймаються в залежності від конструкції дренажних труб і захисного фільтру. При визначенні коефіцієнта K_K використані розробки О.Я. Олійника, А.І. Мурашка, В.П. Кубишкіна, А.В. Черенкова [88, 89, 118, 126, 203] (табл. 6.10).

Таблиця 6.10

Значення коефіцієнта K_K

№ з/п	Конструкція дрени і захисного фільтру	Коефіцієнт K_K
1	2	3
1.	Керамічна труба $d = 50$ мм, фільтр комбінований із склополотна / підстилаючи стрічка знизу, смужки на стиках/	1,0
2.	Керамічна труба $d = 75$ мм, фільтр комбінований із склополотна / підстилаючи стрічка знизу, смужки на стиках/	1,06
3.	Керамічна труба $d = 100$ мм, фільтр комбінований із склополотна / підстилаючи стрічка знизу, смужки на стиках/	1,11
4.	Керамічна перфорована труба ТУ 21 УРСР 379-84 з зернистим фільтром	1,12
5.	Керамічна перфорована труба ТУ 21 УРСР 379-84 з фільтром із склополотна	1,17
6.	Керамічна перфорована труба ТУ 21 УРСР 379-84 з об'ємним фільтром із льонокостра	1,13
7.	Пластмасова гофрована труба $d = 50$ мм з фільтром із нетканого матеріалу	1,06
8.	Пластмасова гофрована труба $d = 50$ мм з фільтром із об'ємним фільтром із льонокостра	1,2
9.	Пластмасові гофровані труби $d = 63$ мм з фільтром із об'ємним фільтром із льонокостра	1,35
10.	Пластмасова гофрована труба $d = 63$ мм з фільтром з фільтром із нетканого матеріалу	1,24

Значення коефіцієнта, що залежить від гідрологічного режиму водоприймача наведені в табл. 6.11.

Таблиця 6.11

Значення коефіцієнта K_r

Напір води над гирлом дрени при пропуску повені	0...0,3 м	0,4...0,5 м	0,6...0,8 м
K_r	1,12	1,0	0,87

Для знаходження значень $\sqrt{\frac{K}{\beta}}$ у формулі (6.8) побудований графік залежності $\sqrt{\frac{K}{\beta}} = f(K)$ (рис. 6.2).

Крім того, для графічного визначення відстаней між дренами, закладеними за традиційною конструкцією дрени та захисного фільтра (керамічна труба діаметром 50 мм, склополотно), можна використовувати номограму (рис. 6.3), що дозволяє отримати величину E за заданими глибині залягання водоупору від дна дрени, глибині закладання дрени, коефіцієнту фільтрації, річній нормі атмосферних опадів.

Виконаємо порівняння відстаней між дренами, обчислених за пропонованою методикою, з отриманими в натурних умовах, а також за формулами різних авторів.

6.2. Оцінка точності методики, що рекомендується

Для оцінки точності методики, що рекомендується, використані дані наших спостережень [10, 11, 12, 111, 167, 169, 170, 171, 174, 175, 234], а також дослідження Інституту водних проблем та меліорації НАН України [45, 88, 89] з врахуванням відмінностей міри зволоженості території (табл. 6.12).

Таблиця 6.12

Порівняння відстаней між дренами отриманих дослідним шляхом і за формулою (6.8)

Коефіцієнт фільтрації, м/добу	Відстані між дренами, м		Похибка	
	за даними дослідів	за формулою (6.8)	м	%
0,05	11,0	10,4	0,6	5,5
0,12	13,0	13,0	0	0
0,25	15,0	15,6	0,6	4,0
0,35	16,0	16,8	0,8	5,0
2,76	30,0	27,6	2,4	8,0

Як бачимо, помилка при визначенні відстаней між дренами не перевищує 8%, що враховує точність укладання дренажної лінії в плані – ± 1 м, в цілому прийнятно для практичних цілей.

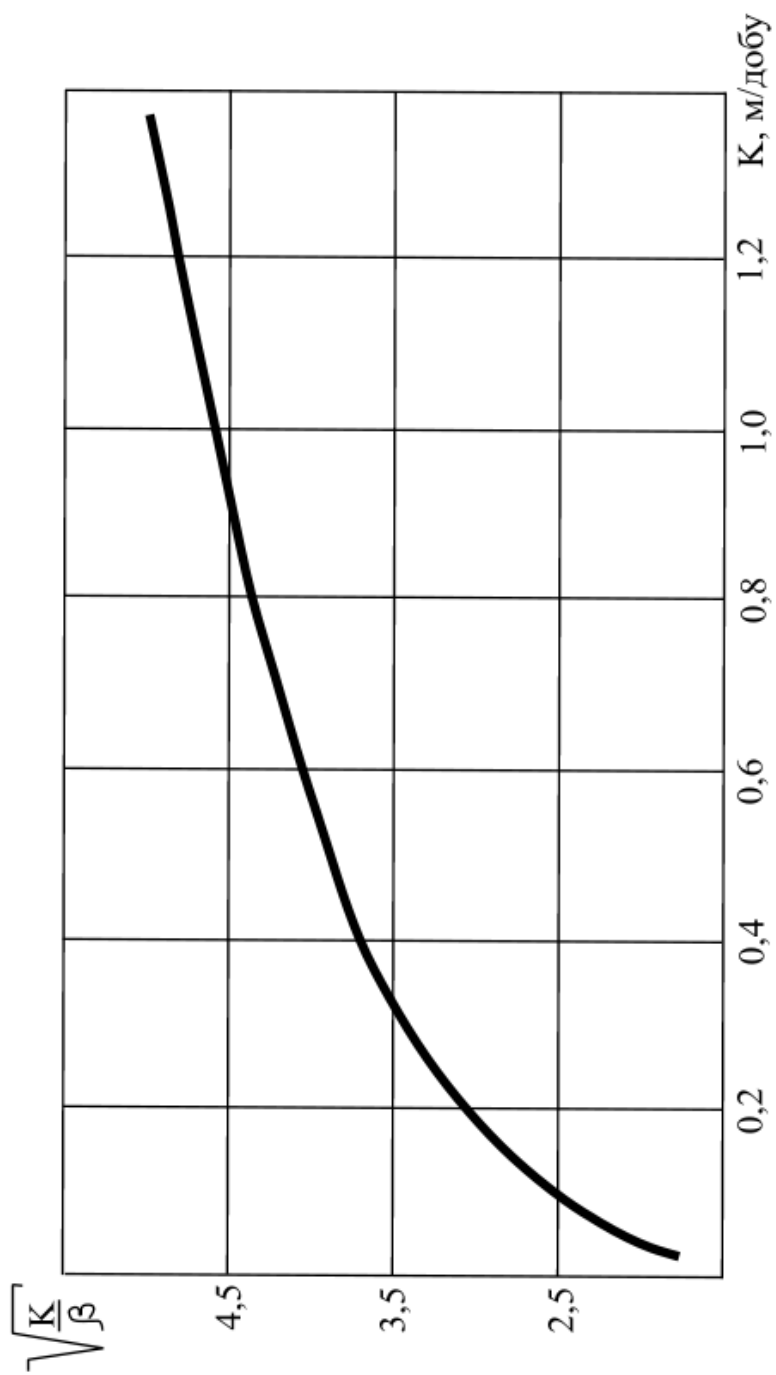


Рис. 6.2. Зв'язок $\sqrt{\frac{K}{\beta}}$ з коефіцієнтом фільтрації

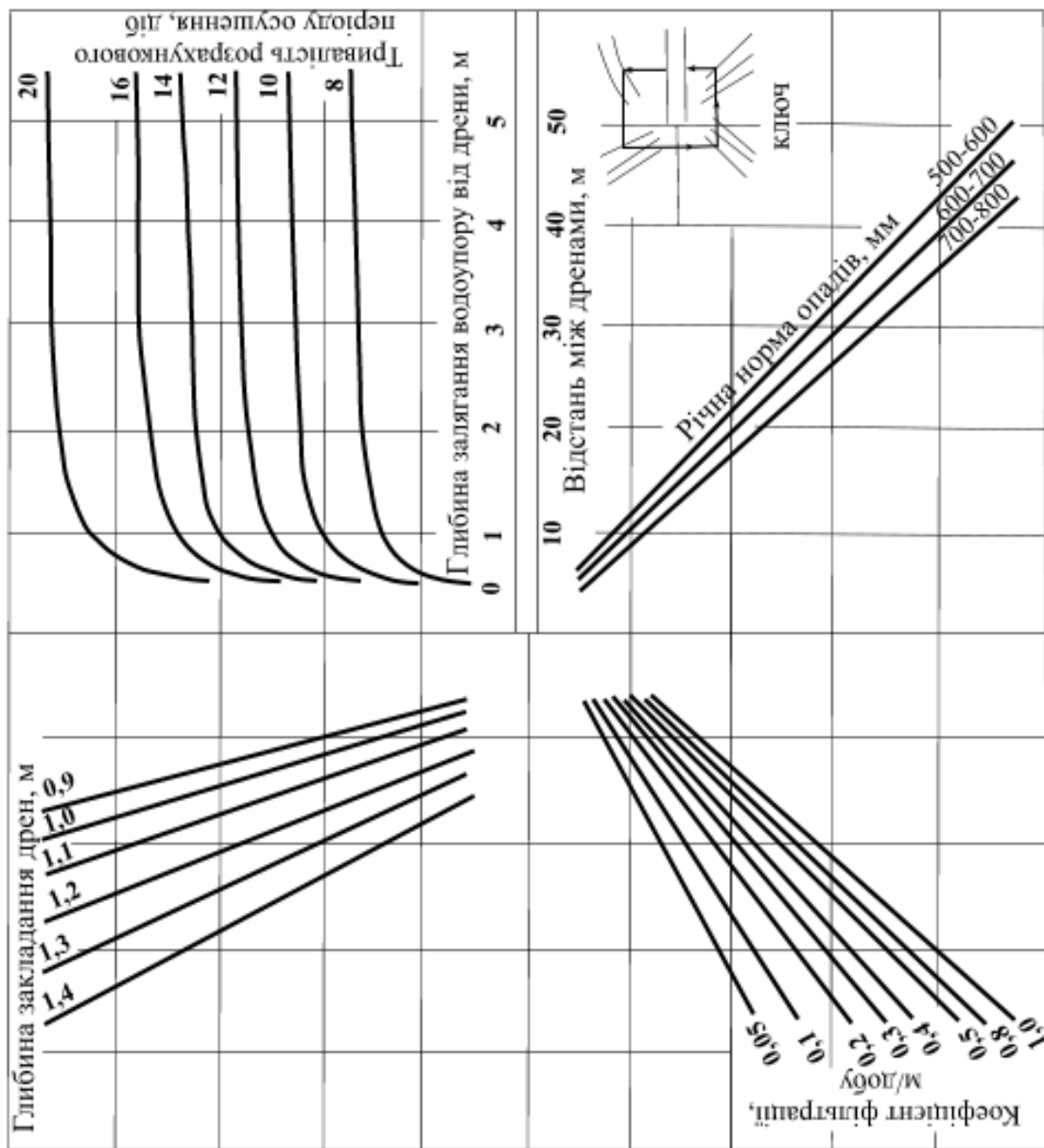


Рис. 6.3. Номограма для розрахунку відстаней між дренами

Досить хорошу збіжність дає формула (6.8) і з результатами розрахунку відстаней між дренами методом ЕГДА, виконаного в інституті «Львівгіпроводгосп» для умов реальних об'єктів (табл. 6.13)

Таблиця 6.13

Розрахунок відстаней між дренами методом ЕГДА

Характеристика ґрунту за механічним складом	Коефіцієнт фільтрації, м/добу	Глибина залягання водоупору, м	Відстані між дренами, м	
			Метод ЕГДА	за формулою (6.8)
суглинок середній	0,09	3,0	13,0	12,0
суглинок середній	0,18	3,0	16,0	14,4
суглинок легкий	0,24	3,0	17,0	15,8

Правильність опису формулою (6.8) зв'язків оптимальних відстаней між дренами з коефіцієнтом фільтрації, глибиною дренажу підтверджують і дані табл. 6.14. Відстані між дренами рекомендовані Ц.Н. Шкінкісом у середньому на 15% менші, ніж розраховані по формулі. Це пояснюється відмінністю природних умов Латвії, де клімат пред'являє жорсткіші вимоги до ступеня дренажу ґрунтів.

Таблиця 6.14

Відстані між дренами по даним Ц.М. Шкінкіса і по формулі (6.8)

Дані Ц.Н. Шкінкіса			За формулою (6.8), м
Дослідна ділянка	t, м	E, м	
Петерлаукі	1,5	20	24
	1,2	17	18,4
	0,9	13	13
Рімейкас	1,5	20	25
	1,2	16	18
	0,9	12	13
Дегумніскі	1,5	14	16,5
	1,2	10	11,5

Використовуючи формули С.Ф. Авер'янова [1, 155], А.І. Івіцького [58], А.М. Янголя [211], А.І. Мурашка [118], а також комплексний емпіричний спосіб встановлення інтенсивності осушення ґрунтів, розроблений «Львівгіпроводгоспом» і Ц.Н. Шкінкісом [207], виконаємо розрахунок відстаней між дренами для умов дослідної ділянки і порівняємо їх з отриманими дослідним шляхом (табл. 6.15).

**Значення відстаней між дренами, що рекомендуються різними авторами
і встановлені дослідним шляхом**

Розрахункові значення відстаней між дренами, м						
С.Ф. Авер'янов	О.І. Івіцький	А.М. Янголь	Львів- гіпроводгосп	Ц.Н. Шкінкіс	А.І. Мурашко	За даними дослідку
10,8	8,5	9,6	16,0	11,0	8,0	13,0

З приведених даних видно, що найменші розбіжності по відношенню до експерименту дають формули С.Ф. Авер'янова, а також методика Ц.Н. Шкінкіса. Проте помилка в розрахунку відстані між дренами перевищує 15%.

Методика розрахунку відстаней використовувалася в організаціях, які здійснюють проектування меліоративних систем, шляхом обґрунтування параметрів закритого дренажу в проектах осушення земель.

7. ЗАХОДИ З РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОСУШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ ТА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДІЇ ДРЕНАЖНИХ СИСТЕМ

7.1. Зміна сільськогосподарського використання земель при зміні технічного стану дренажної системи

Для отримання максимальної віддачі з меліорованих земель на всіх стадіях проектування, будівництва і експлуатації необхідно враховувати місцеві умови. У зв'язку з цим для кожної зони необхідно розробити рекомендації з питань регулювання водного режиму різних типів ґрунтів. При цьому очевидним є те, що на землях, які мають більш високу потенційну родючість, при вирощуванні цінніших сільськогосподарських культур вимоги до дренажу повинні бути більш жорсткими.

Найбільш важливим у роботі гончарного дренажу в Поліському регіоні є пониження рівня підґрунтових вод до початку весняно-польових робіт на певну глибину (0,5...0,6 м) з тим, щоб сівбу сільськогосподарських культур проводити в оптимальні строки [116, 133, 167].

Збільшення відстані між гончарними дренажами уповільнює темпи зниження рівня ґрунтових вод на осушуваних землях, що призводить до запізнення із сівбою сільськогосподарських культур, а відтак, і до зниження врожайності. Проте в даному випадку зменшуються витрати на будівництво гончарного дренажу на осушуваних землях.

При зменшенні відстані між гончарними дренажами відбувається більш інтенсивне пониження рівня підґрунтових вод у весняний період, що забезпечує умови для проведення сівби сільськогосподарських культур в оптимально ранні строки, а це підвищує їхню врожайність, але при цьому зростають витрати на будівництво гончарного дренажу.

Проведений аналіз спонукає до висновку, що оптимальними є параметри гончарного дренажу (відстані між дренажами), що допускають певне запізнення із строками сівби сільськогосподарських культур, отож незначне зниження їхньої врожайності. Все це вимагає проведення техніко-економічного обґрунтування параметрів горизонтального дренажу на осушуваних землях, що забезпечують створення відповідних умов вологості на них у весняний період.

При зменшенні інтенсивності осушення дренаж не може забезпечити потрібний водно-повітряний режим ґрунту для різних сільськогосподарських культур [12]. Розроблені підходи до оцінки забезпечення інтенсивності осушення дренажем для різних сільськогосподарських культур (рис. 7.1). При цьому використана методика Лазарчука-Муранова [187] з оптимізації параметрів горизонтального дренажу на основі економіко-математичного способу розрахунку.

Побудовані на рис. 7.1 розрахункові криві дозволяють визначити, в якому діапазоні знаходиться віртуальна відстань між дренажами, що забезпечує фактичну інтенсивність осушення через t -років експлуатації дренажної системи.

На основі аналізу положення точки віртуальної відстані між дренами визначають сільськогосподарські культури, які можна вирощувати на цій ділянці без проведення реконструкції системи.

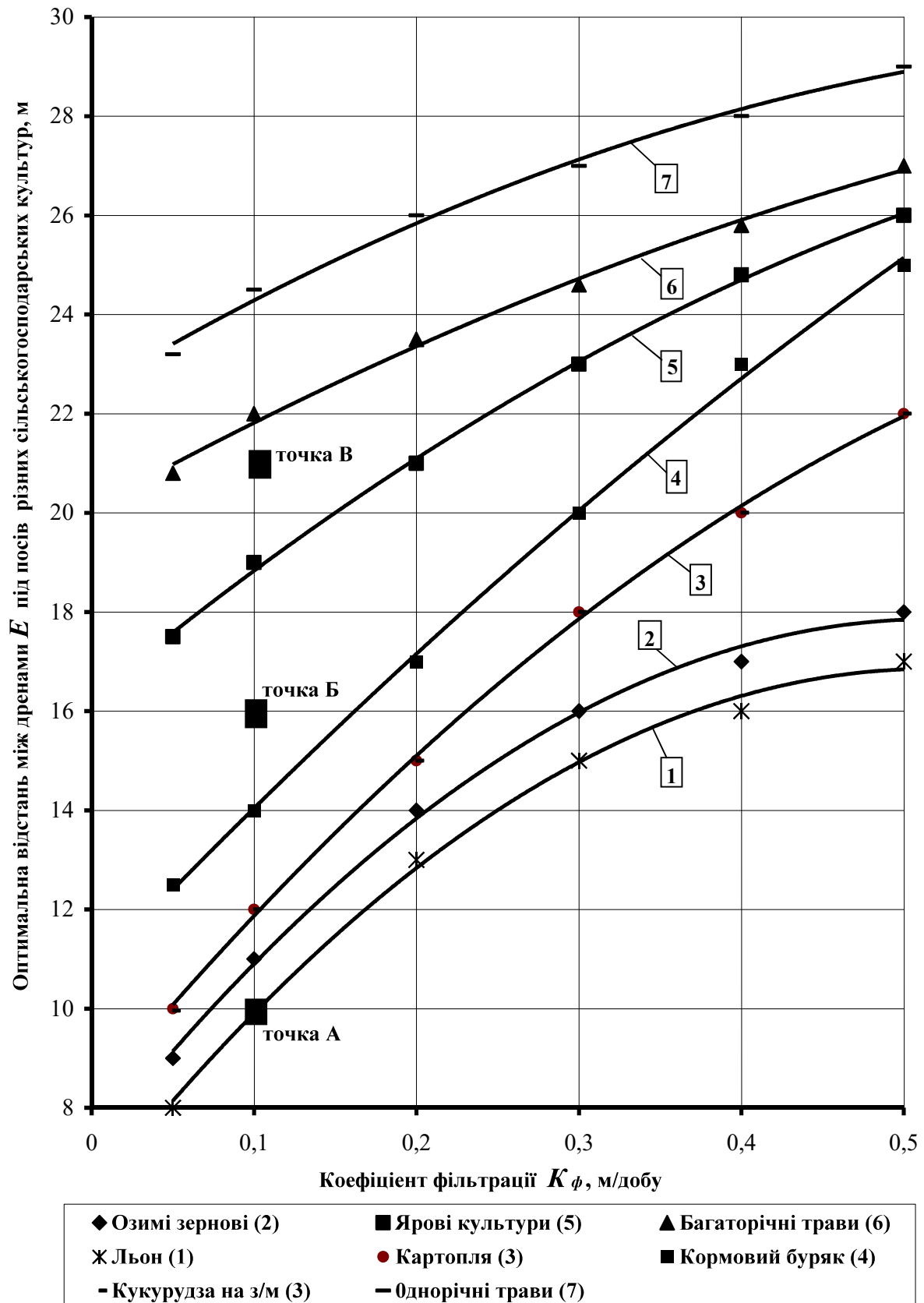


Рис. 7.1. Оптимальна відстань між дренами залежно від коефіцієнта фільтрації ґрунту під посів різних сільськогосподарських культур

Статистична обробка даних рис. 7.1 приведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Рівняння регресії та кореляційні відношення зв'язку оптимальних відстаней між дренами з значенням коефіцієнту фільтрації ґрунту під посів різних сільськогосподарських культур

Сільськогосподарські культури	Рівняння регресії	Кореляційне відношення η , %
Льон	$E_{onm} = -39,93 \cdot K_{\phi}^2 + 41,3 \cdot K_{\phi} + 6,17$	$0,99 \pm 0,03$
озимі зернові	$E_{onm} = -39,93 \cdot K_{\phi}^2 + 41,3 \cdot K_{\phi} + 7,17$	$0,99 \pm 0,03$
картопля, кукурудза на зелену масу	$E_{onm} = -23,76 \cdot K_{\phi}^2 + 39,45 \cdot K_{\phi} + 8,16$	$0,99 \pm 0,01$
кормовий буряк	$E_{onm} = -11,29 \cdot K_{\phi}^2 + 34,53 \cdot K_{\phi} + 10,7$	$0,99 \pm 0,02$
ярові культури	$E_{onm} = -15,43 \cdot K_{\phi}^2 + 27,27 \cdot K_{\phi} + 16,26$	$0,99 \pm 0,02$
багаторічні трави	$E_{onm} = -8,96 \cdot K_{\phi}^2 + 18,12 \cdot K_{\phi} + 20,09$	$0,99 \pm 0,03$
однорічні трави	$E_{onm} = -13,44 \cdot K_{\phi}^2 + 19,58 \cdot K_{\phi} + 22,46$	$0,99 \pm 0,04$

Як бачимо з табл. 7.1, оптимальну відстань між дренами під посів різних сільськогосподарських культур можна описати загальним рівнянням

$$E_{onm} = -a \cdot K_{\phi}^2 + b \cdot K_{\phi} + c, \quad (7.1)$$

де E_{onm} – оптимальна відстань між дренами під посів різних сільськогосподарських культур, м;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунту, м/добу;

a, b, c – емпіричні коефіцієнти.

Наведені рівняння справедливі при коефіцієнті фільтрації від 0,03 до 0,5 м/добу.

Аналіз даних рис. 7.1 дозволяє запропонувати власнику господарства ряд сільськогосподарських культур, які можна вирощувати на осушуваних землях при зміні технічного стану дренажної системи в бік погіршення (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Сільськогосподарські культури, рекомендовані для вирощування при погіршенні технічного стану дренажної системи

Зона дії	Сільськогосподарські культури
1	2
від початку координат до лінії 1	льон
	озимі зернові
	картопля
	кукурудза на зелену масу
	кормовий буряк
	ярові культури
	багаторічні трави
	однорічні трави

Продовження табл. 7.2

1	2
від лінії 1 до лінії 2	озимі зернові
	картопля
	кукурудза на зелену масу
	кормовий буряк
	ярові культури
	багаторічні трави
	однорічні трави
від лінії 2 до лінії 3	картопля
	кукурудза на зелену масу
	кормовий буряк
	ярові культури
	багаторічні трави
	однорічні трави
від лінії 3 до лінії 4	кормовий буряк
	ярові культури
	багаторічні трави
	однорічні трави
від лінії 4 до лінії 5	ярові культури
	багаторічні трави
	однорічні трави
від лінії 5 до лінії 6	багаторічні трави
	однорічні трави
від лінії 6 до лінії 7	однорічні трави
за межами лінії 7	ренатуралізація

У табл. 7.2 запропонована схема підбору сільськогосподарських культур залежно від фактичної інтенсивності осушення, що матиме достатню ефективність при погіршенні роботи дренажної системи.

Наприклад (рис. 7.1), проектна відстань між дренами E_{np} була 10 м (точка А). Встановлено, що віртуальна відстань між дренами $E_{вирт}$, яка забезпечує фактичну інтенсивність осушення – 16 м (точка Б). У даному випадку в проектній сівозміні не забезпечується достатня інтенсивність осушення для таких сільськогосподарських культур: льон, озимі зернові, картопля, кормові коренеплоди та кукурудза.

Таким чином, наведені вище культури необхідно вивести зі сівозміни або слід провести відповідні заходи з реконструкції окремих елементів дренажної системи (дренажна лінія, дренажний колодязь, гирлова споруда) [12].

7.2. Глибоке розпушення ґрунту

У зв'язку зі зниженням ступеня дренажування підвищується вологість ґрунту і створюється так звана „плужна орна підощва” з погіршеними

фільтраційними властивостями. Для руйнування плужної підшви слід застосовувати глибоке розпушення.

Результати досліджень показали, що глибоке розпушення на глибину 80 см змінює водно-фізичні властивості ґрунтів, особливо в підорному горизонті. При дослідженні динаміки щільності ґрунтів після розпушення ми звертали увагу на тривалість його дії. Суть у тому, що щільність на досліджуваних ділянках із розпушенням поступово збільшується і через деякий час досягає висхідного рівня.

Таким чином, відбувається постійне затухання значного розпушення підорного шару, отримане в результаті рихлення. При цьому тривалість дії рихлення залежить від гранулометричного складу ґрунту, його зволоженості під час глибокої обробки, складу органічної речовини та інших факторів.

Отримані експериментальні дані про зміну щільності розпушених підорних горизонтів дозволяють встановити, що її затухання в часі описується логарифмічною функцією виду

$$d_T = d_o + a \cdot \ln(T_{\text{розп.}}), \quad (7.2)$$

де d_T – щільність підорного шару ґрунту через T місяців після проведення агро меліоративного заходу, г/см³;

d_o – початкове значення щільності підорних горизонтів ґрунту, г/см³;

$T_{\text{розп.}}$ – проміжок часу після проведення розпушення, місяців;

a – емпіричний коефіцієнт.

Нами були використані результати польових досліджень В.С. Олійника [128] щодо післядії глибокого розпушення підорного шару дерново-підзолистого глейового зв'язнопіщаного ґрунту (рис. 7.2).

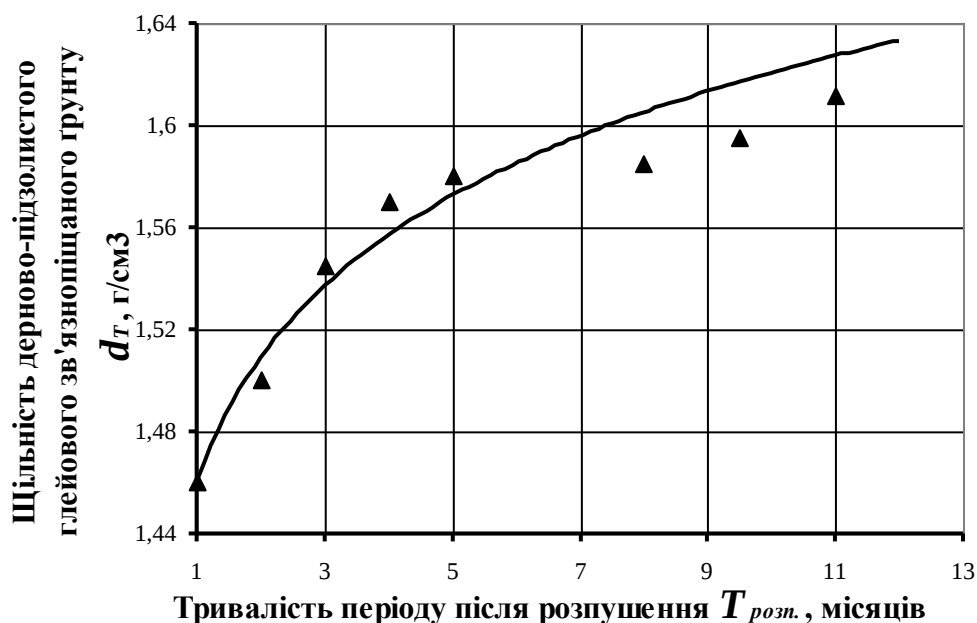


Рис. 7.2. Зміна щільності після розпушення підорного шару дерново-підзолистого глейового зв'язнопіщаного ґрунту

Обробка даних спостережень (рис. 7.2) дозволила встановити тісноту ($\eta = 0,95 \pm 0,12$) і характер зв'язку між щільністю дерново-підзолистого глейового зв'язнопіщаного ґрунту та тривалістю періоду після його розпушення

$$d_{T(nicok)} = 1,46 + 0,07 \cdot \ln(T_{розп.}), \quad (7.3)$$

де $d_{T(nicok)}$ – щільність підорного шару дерново-підзолистого глейового зв'язнопіщаного ґрунту через T місяців після проведення розпушення, г/см³.

Досліджено також післядію глибокого розпушення підорного шару дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту на дослідній ділянці гідромеліоративної системи “Печалівка” в с. Тихе Костопільського району Рівненської області, що є типовою для території Волинського Полісся України (рис. 7.3).

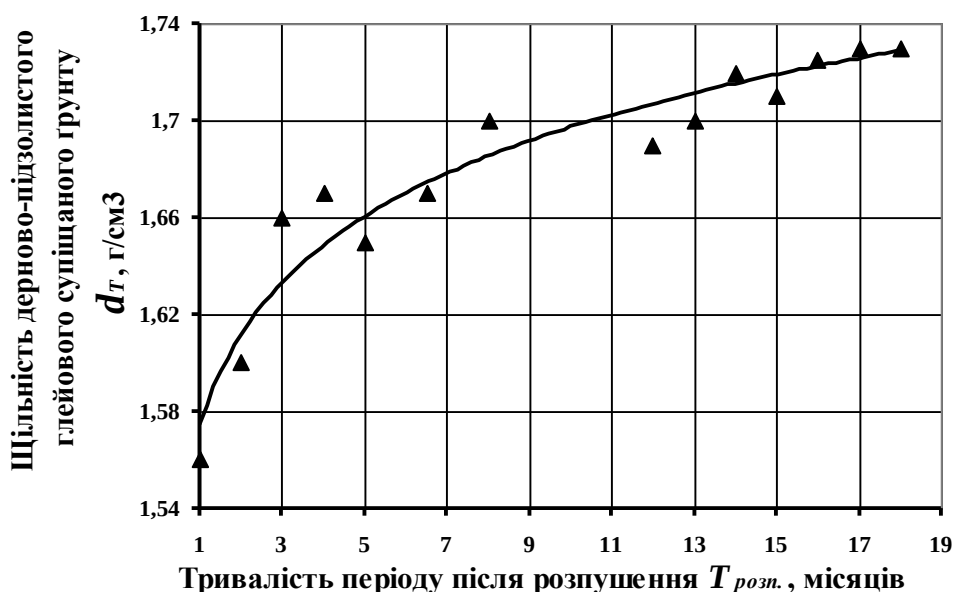


Рис. 7.3. Зміна щільності після розпушення підорного шару дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту між щілинами в сезонній динаміці с. Тихе Костопільського району Рівненської області

Обробка даних спостережень (рис. 7.3) дозволила встановити тісноту ($\eta = 0,96 \pm 0,08$) і характер зв'язку між щільністю дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту та тривалістю періоду після його розпушення

$$d_{T(supicok)} = 1,57 + 0,053 \cdot \ln(T_{розп.}), \quad (7.4)$$

де $d_{T(supicok)}$ – щільність підорного шару дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту через $T_{розп.}$ місяців після проведення розпушення, г/см³.

Для дерново-підзолистого глейового суглинистого ґрунту В.Б. Василів [18] встановив, що тривалість післядії глибокого розпушення становить до 3-х років.

Отже, для підорного горизонту дерново-підзолистого глейового зв'язнопіщаного ґрунту тривалість післядії глибокого розпушення складає **до 1 року**, дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту – **до 2-х років** та для дерново-підзолистого глейового суглинистого ґрунту – **до 3-х років**.

7.3. Методика оцінки дії дренажних систем

Оцінка дії дренажних систем проводиться за коефіцієнтом зміни інтенсивності осушення, що впливає на величину втрат валової продукції (рис. 7.4).

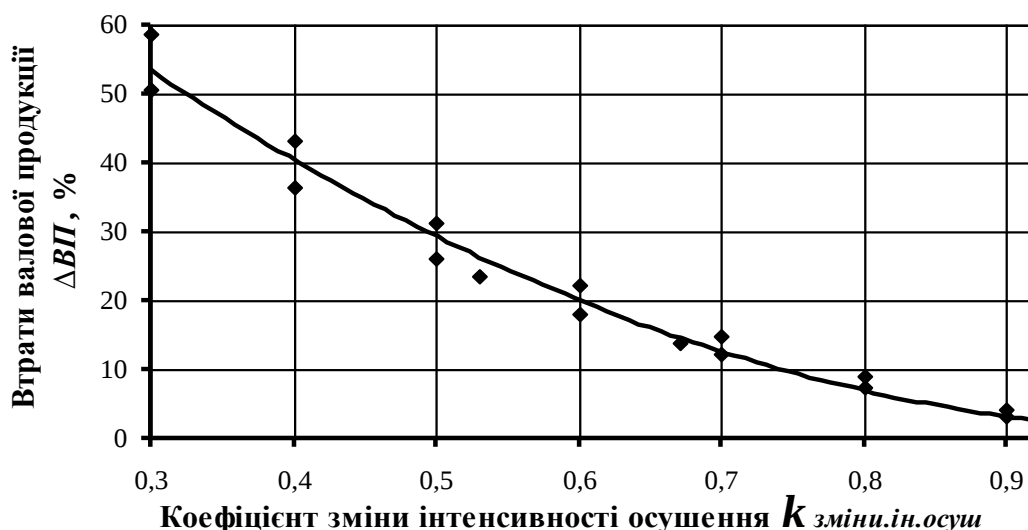


Рис. 7.4. Зв'язок величини втрат валової продукції з коефіцієнтом зміни інтенсивності осушення

Отримано залежність втрат валової продукції з коефіцієнтом зміни інтенсивності осушення

$$\Delta ВП = 91,68 \cdot k_{\text{змін.ін.осуш}}^2 - 193,92 \cdot k_{\text{змін.ін.осуш}} + 103,37; \quad (7.5)$$

$$\eta = 0,98 \pm 0,03,$$

де $\Delta ВП$ – втрати валової продукції, %.

Формула (7.5) справедлива за умови дотримання обмеження, що коефіцієнт зміни інтенсивності осушення знаходиться в інтервалі значень $0,92 \geq k_{\text{змін.ін.осуш}} \geq 0,3$.

За залежністю (7.5) здійснюється диференціація ефективності роботи дренажної системи, що враховує коефіцієнт зміни інтенсивності осушення і втрати валової продукції (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Оцінка ефективності роботи дренажної системи за коефіцієнтом зміни інтенсивності осушення

Показники	Рівень ефективності роботи дренажної системи						
	добрий		задовільний			незадовільний	критичний
інтервал значень	$1,0 = k_{\text{змін.ін.осуш}} \geq 0,8$		$0,8 > k_{\text{змін.ін.осуш}} > 0,5$			$0,5 > k_{\text{змін.ін.осуш}} > 0,4$	$k_{\text{змін.ін.осуш}} < 0,4$
$k_{\text{змін.ін.осуш}}$	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
$\Delta ВП, \%$	0	10	15	20	30	40	55

Для оцінки дії дренажної системи при зміні її технічного стану та розробки комплексу заходів із раціонального використання осушуваних земель запропонована методика, що враховує наступні дані: проектна відстань між дренами та глибина їхнього закладання, коефіцієнт фільтрації ґрунту, проектний та фактичний модулі дренажного стоку, проектна та фактична тривалості перезволоження ґрунту, сівозміна.

Оцінка дії дренажної системи та обґрунтування комплексу заходів із раціонального використання осушуваних земель здійснюється на основі розробленого алгоритму, що містить коефіцієнт зміни інтенсивності осушення, віртуальну і оптимальну відстані між дренами, проектний та фактичний ступінь дренажування, врожайність сільськогосподарських культур та техніко-економічні показники:

1. Визначаємо коефіцієнт зміни інтенсивності осушення за залежністю (3.3) чи (3.6)

$$k_{\text{змін.ін.осуш}} = \sqrt{\frac{q_{\phi}}{q_{np}}}$$

або

$$k_{\text{змін.ін.осуш}} = \sqrt{\frac{T_{np}}{T_{\phi}}}.$$

2. Знаходимо віртуальну відстань між дренами за формулою (3.7)

$$E_{\text{вирт}} = \frac{E_{np}}{k_{\text{змін.ін.осуш}}}.$$

3. За допомогою рис. 7.1 та табл. 7.2 встановлюємо зону варіювання величини віртуальної відстані між дренами $E_{\text{вирт}}$ залежно від коефіцієнта фільтрації ґрунту за формулою (7.1)

$$E_{\text{опт}} = -a \cdot K_{\phi}^2 + b \cdot K_{\phi} + c.$$

4. Встановлюємо проектний ступінь дренажування за формулою (3.8)

$$N_{np} = \frac{t_{np}}{E_{np}} \cdot 100\%.$$

5. Визначаємо фактичний ступінь дренажування за формулою (3.9)

$$N_{\text{факт}} = N_{np} \cdot k_{\text{змін.ін.осуш}}.$$

6. Розраховуємо урожайність сільськогосподарських культур за формулою

$$U = 1,28 \cdot N^{0,46} . \quad (7.6)$$

7. Маючи значення урожайності сільськогосподарських культур, знаходимо вартість валової продукції за формулою (5.21)

$$ВП = 9373,4 \cdot N^{0,46} .$$

8. Встановлюємо величину капітальних вкладень для проектного ступеня дренажу згідно табл. 5.8.

9. Визначаємо поточні витрати згідно табл. 5.9:

$$C = 11976 \cdot N^{0,26} . \quad (7.7)$$

10. Обчислюємо величину чистого доходу за формулою (5.17)

$$ЧД = ВП - C .$$

11. Визначаємо термін окупності капітальних вкладень за формулою (5.18)

$$T_K = \frac{K}{ЧД} .$$

12. На основі наведеного при $E_{вирт} > E_{пр}$ землевласник може прийняти рішення [12]:

- змінити сільськогосподарське використання земель;
- частково реконструювати дренажну систему;
- провести глибоке розпушення ґрунту (при $K_{фак} < K_{фпр}$).

Блок-схема алгоритму оцінки дії дренажної системи та обґрунтування комплексу заходів із раціонального використання осушуваних земель наведена на рис. 7.5.

Розроблена методика дає можливість здійснити аналіз роботи дренажної системи на території господарства, визначити її стан і прийняти рішення щодо застосування відповідних заходів із раціонального використання осушуваних земель (зміна сільськогосподарського використання земель або часткова реконструкція дренажної системи чи проведення глибокого розпушення ґрунту).

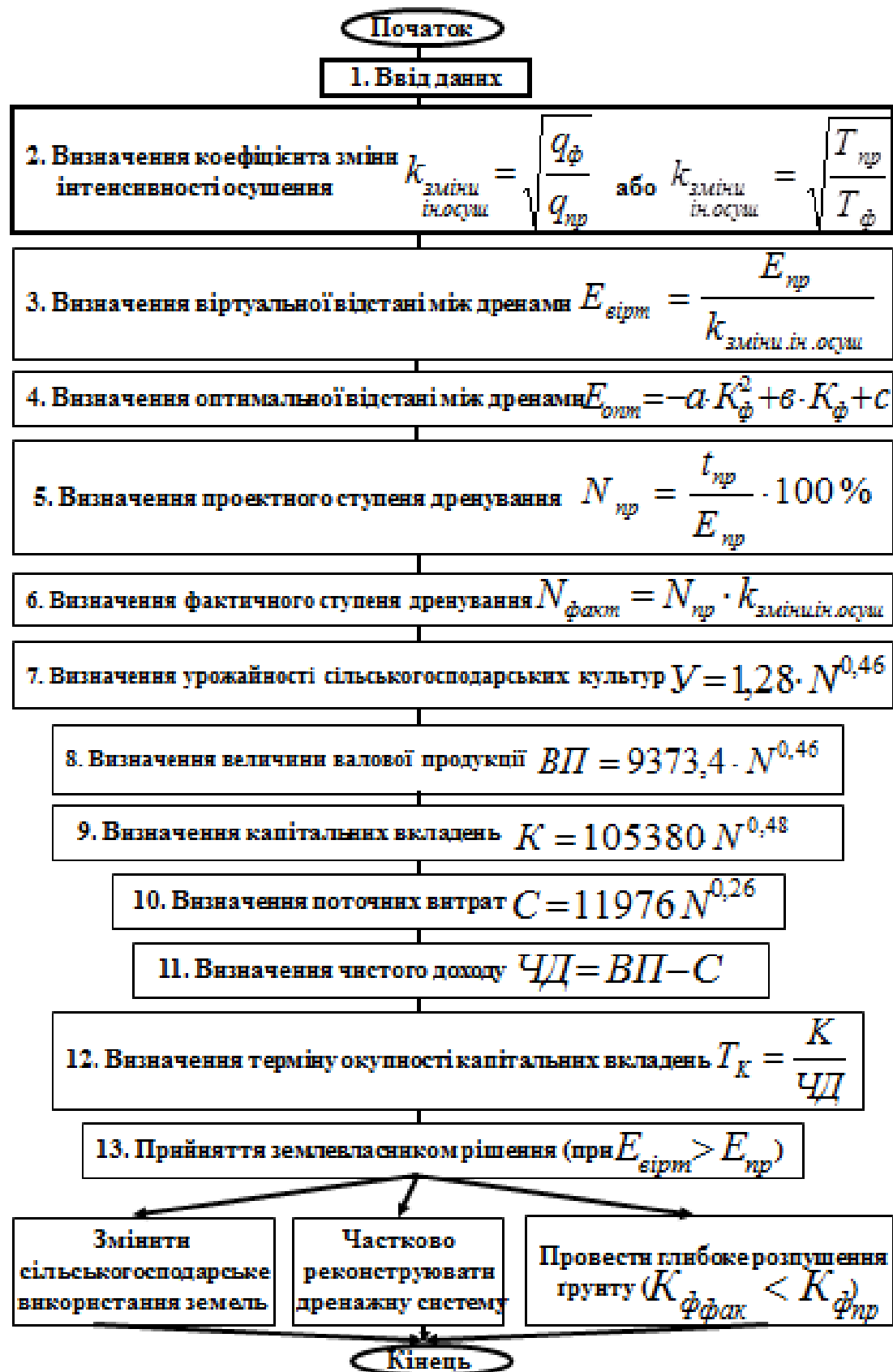


Рис. 7.5. Блок-схема алгоритму оцінки дії дренажної системи та обґрунтування комплексу заходів із раціонального використання осушуваних земель

Для прикладу наведена оцінка дії дренажних систем гідромеліоративної системи „Печалівка” Костопільського району Рівненської області.

Постановка задачі та вихідні дані.

Необхідно оцінити ефективність роботи дренажної системи на території осушувальної системи „Печалівка” Костопільського району Рівненської області за наявними вихідними даними: проектна відстань між дренами $E_{np} = 10\text{ м}$, проектна глибина закладання дрена $t_{np} = 1,0\text{ м}$, проектний коефіцієнт фільтрації ґрунту $K_{\phi_{np}} = 0,12\text{ м/добу}$, проектний модуль дренажного стоку $q_{np} = 0,7\text{ л/с}$, фактичний коефіцієнт фільтрації ґрунту $K_{\phi_{фак}} = 0,1\text{ м/добу}$, фактичний модуль дренажного стоку $q_{фак} = 0,16\text{ л/с}$, сівозмінна (льон, озимі зернові, картопля, кормові коренеплоди та кукурудза, ярові культури, однорічні та багаторічні трави), та встановити величину капітальних вкладень і поточних витрат при терміні окупності не більше 10 років.

Розрахунок.

1. Згідно із залежністю (3.3) чи (3.6) визначаємо коефіцієнт зміни інтенсивності осушення

$$k_{зміниін.осуш} = \sqrt{\frac{q_{\phi}}{q_{np}}} = \sqrt{\frac{0,16}{0,7}} = 0,48.$$

Згідно з даними табл. 5.11 при $k_{зміниін.осуш} = 0,48$ стан дренажної системи характеризується як незадовільний.

2. Знаходимо віртуальну відстань між дренами E_{virt}

$$E_{virt} = \frac{E_{np}}{k_{зміниін.осуш}} = \frac{10}{0,48} = 21\text{ м}.$$

3. За допомогою рис. 7.1 та табл. 7.2 встановлюємо зону варіювання величини віртуальної відстані між дренами E_{virt} залежно від фактичного коефіцієнта фільтрації ґрунту $K_{\phi_{фак}} = 0,1\text{ м/добу}$. Як видно з рис. 7.1 та табл. 7.2, проектна відстань між дренами E_{np} була 10 м (точка А). Встановлюємо, що віртуальна відстань між дренами E_{virt} , яка забезпечує фактичну інтенсивність осушення – 21 м (точка В). У даному випадку в проектній сівозміні не забезпечується достатня інтенсивність осушення для таких сільськогосподарських культур, як льон, озимі зернові, картопля, кормові коренеплоди та кукурудза, ярові культури, а забезпечується лише для однорічних та багаторічних трав.

Таким чином, необхідно наведені вище культури вивести зі сівозміни, або провести відповідні заходи з реконструкції окремих елементів дренажної системи (дренажна лінія, дренажний колодязь, гирлова споруда).

4. За формулою (3.8) встановлюємо проектний ступінь дронування N_{np}

$$N_{np} = \frac{t_{np}}{E_{np}} \cdot 100\% = \frac{1,0}{10} \cdot 100\% = 10\%.$$

5. Згідно з формулою (3.9) визначаємо фактичний ступінь дренажування $N_{факт}$

$$N_{факт} = N_{np} \cdot k_{зміниін.осуш} = 10 \cdot 0,48 = 4,8\%.$$

6. За формулою (7.6) розраховуємо урожайність сільськогосподарських культур $У$

$$У = 1,28 \cdot N^{0,46} = 1,28 \cdot 4,8^{0,46} = 2,63 \text{ т/га.}$$

7. Згідно з формулою (5.21) знаходимо вартість валової продукції **ВП**

$$ВП = 9373,4 \cdot N^{0,46} = 9373,4 \cdot 4,8^{0,46} = 19252 \text{ грн./га.}$$

8. Встановлюємо величину капітальних вкладень **К**, що окупляться не більше ніж за 10 років, за формулою (згідно табл. 5.8)

$$K = 66291 \cdot \ln(N) - 57694 = 66291 \cdot \ln(4,8) - 57694 = 46027 \text{ грн./га.}$$

9. Визначаємо поточні витрати **С** за формулою (згідно табл. 5.9)

$$C = 9971,5 \cdot N^{0,24} = 9971,5 \cdot 4,8^{0,24} = 14516 \text{ грн./га.}$$

10. Обчислюємо величину чистого доходу **ЧД** за формулою (5.17):

$$ЧД = ВП - C = 19252 - 14516 = 4736 \text{ грн./га.}$$

11. За формулою (5.18) визначаємо термін окупності капітальних вкладень:

$$T_K = \frac{K}{ЧД} = \frac{46027}{4736} = 9,7 \text{ років.}$$

12. На основі наведеного при $E_{вирт} > E_{np}$ землевласник може прийняти рішення:

- змінити сільськогосподарське використання земель (у даному випадку в проектній сівозміні забезпечується достатня інтенсивність осушення лише для однорічних та багаторічних трав);

- частково реконструювати дренажну систему.

Таким чином, дана методика оцінки дії дренажних систем може використовуватися на гідромеліоративних системах Волинського Полісся України на основі спостережень за гідрологічною дією дренажу, що проводяться водогосподарськими організаціями системи Державного агентства водних ресурсів України.

ПІСЛЯМОВА

Багаторічні (більше 30 років) дослідження гідрологічної дії закритого дренажу, проведені в умовах широкого діапазону кліматичних факторів та параметрів дренажу, дозволили з'ясувати низку важливих питань з дренажу мінеральних ґрунтів і покращення ефективності меліорації сільсько-господарських угідь.

1. Основним завданням підвищення ефективності родючості перезволожених мінеральних ґрунтів є відведення в потрібні строки надлишкової вологи з кореневмісного шару ґрунту.

2. Запропоноване ґрунтово-меліоративне районування перезволожених ґрунтів Волинського Полісся України. При цьому з меліоративного фонду виключені дерново-підзолисті та дернові глейоваті ґрунти, які у багатьох випадках рекомендувалися до осушення дренажем.

3. Розроблена просторова модель процесу меліорацій ґрунтів та візуально представлена меліоративна система для якісної оцінки їхнього впливу на фактори росту та розвитку рослин. Досліджено вплив меліоративної системи на режими та властивості дренажного ґрунту. Встановлено, що значною мірою цей вплив визначає саме гідромеліоративна система через регулювання водно-повітряного режиму.

4. Встановлено, що 36 % осушуваних земель мають сприятливий меліоративний стан, 50 % – задовільний та 14 % – незадовільний. Дренажні системи із задовільним меліоративним станом у своїй більшості слід вважати системами „з умовно задовільним станом”, що можуть найближчим часом збільшити площу осушуваних земель із незадовільним станом у 3–4 рази. Отже, загальна кількість систем, що мають певні проблеми з регулювання водного режиму і потребують покращення технічного стану, становить не менше 64 %.

5. Оцінку роботи дренажної системи запропоновано здійснювати коефіцієнтом зміни інтенсивності осушення. Досліджено, що маючи проектний ступінь дренажу, який визначається співвідношенням проектної глибини закладання дренажів до проектною відстані між дренажами, ми можемо знайти фактичний ступінь дренажу шляхом множення проектного ступеня дренажу на коефіцієнт зміни інтенсивності осушення.

Встановлено, що ступінь дренажу (N) при інших показниках (фільтраційні властивості ґрунту, відстань між дренажами та глибина їх

закладання та ін.) буде визначальним за інших рівних показників при визначенні тривалості перезволоження ґрунту і відповідно впливатиме на зниження врожайності сільськогосподарських культур. Отже, чим більший ступінь дренажу, тим менші тривалість перезволоження ґрунту та втрати врожаю, і відповідно більший рівень урожайності сільськогосподарських культур

6. У результаті статистичної обробки матеріалів спостережень рекомендуються математичні залежності впливу ступеня дренажу на водний і температурний режими, урожайність сільськогосподарських культур, техніко-економічні показники ефективності меліорації земель. Отримані формули залежності теплофізичних характеристик від вологості та щільності ґрунту.

7. Оцінка впливу параметрів дренажу на інтенсивність відводу гравітаційної вологи дозволила встановити, що зі зменшенням N з 12 до 6 % модулі дренажного стоку знижуються дещо більше ніж в 2 рази.

У випадку зміни технічного стану дренажних систем у бік погіршення при зменшенні приросту ступеня дренажу ΔN з 9,5 до 1 % спостерігається зниження значень приросту тривалості дренажного стоку в 19 разів та його річного об'єму – у 18 разів.

8. При зниженні ступеня дренажу спостерігається збільшення тривалості підтоплення в горизонті 0...60 см. Так, для весняного періоду року з забезпеченістю атмосферними опадами $P=10$ % при зменшенні N з 12 % до 4 % екстремальні рівні ґрунтових вод та тривалість перезволоження ґрунту підвищились у 2,5 рази.

При зменшенні ступеня дренажу спостерігається збільшення максимальних значень вологості ґрунту на осушуваній ділянці. При зменшенні N з 12 % до 4 % значення вологості дерново-підзолистого глейового ґрунту в горизонті 0...50 см збільшилося в 1,3 рази.

На основі рівнянь взаємозв'язку хронологічно відповідних значень вологості дерново-підзолистого глейового ґрунту в різних горизонтах встановлено, що для її характеристики в шарах 0...30 см, 0...50 см і 0...70 см достатньо визначити вологість у шарі 10...20 см

У посушливі вегетаційні періоди спостерігається дефіцит вологи незалежно від ступеня дренажу. Він становить 50...80 мм у 0...0,5 м шарі ґрунту.

9. Встановлені якісні та кількісні характеристики впливу перезволоження ґрунту до посіву на урожайність сільськогосподарських культур. При цьому урожайність зменшується до 30...40%.

10. Досліджено зміну урожайності сільськогосподарських культур залежно від інтенсивності осушення. Так, зниження ступеня дренажу спричиняє не лише зменшення виходу сільськогосподарської продукції, але і дещо погіршує її якісні показники.

Економічна оцінка дренажу з різним ступенем дренажу показала, що за нинішнього рівня цін, дренажні системи не окупаються і потребують значного підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Показано, що

можливе досягнення позитивного ефекту при проведенні часткової реконструкції дренажних систем (дренажна лінія, дренажний колодязь, гирлова споруда).

11. Для зменшення капітальних вкладень у будівництво регулюючої дренажної мережі слід застосовувати більш глибокий (на 0,2 м) дренаж. Це дозволить збільшити відстані між дренами на 25%.

12. Розроблена методика розрахунку оптимальних відстаней між дренами в мінеральних перезволожених ґрунтах на основі врахування економічних показників ефективності осушення.

13. Виконано розрахунок оптимальних відстаней між дренами для різних сільськогосподарських культур. Запропонована схема підбору сільськогосподарських культур залежно від фактичної інтенсивності осушення, що матиме достатню ефективність при зміні технічного стану дренажної системи.

14. Встановлено, що при погіршенні фільтраційних властивостей ґрунту слід застосовувати глибоке розпушення. Отримані рівняння, які визначають тривалість післядії розпушення. Доведено, що для дерново-підзолистого глейового зв'язно-піщаного ґрунту післядія глибокого розпушення буде до 1 року, дерново-підзолистого глейового супіщаного ґрунту – до 2-х років та для дерново-підзолистого глейового суглинистого ґрунту – до 3-х років.

15. Запропонована методика оцінки дії дренажних систем та їхнього сільськогосподарського використання (зміна сільськогосподарського використання земель, ремонт окремих елементів системи, глибоке розпушення ґрунту), яка дозволить здійснити аналіз техніко-економічних показників роботи цих систем та обґрунтувати комплекс заходів із раціонального використання осушуваних земель.

16. Для підвищення ефективності використання осушуваних ґрунтів та розробки відповідних заходів з покращення дії дренажних систем слід розширити моніторинг меліоративного стану меліорованих земель довівши його до рівня окремих дренажних систем.

17. Отримані висновки і практичні рекомендації відносяться, в основному, до дерново-підзолистих глейових ґрунтів Волинського Полісся України. Для уточнення особливостей гідрологічної дії дренажу в природних умовах інших географічних областей зони осушення України та отримання відповідних рекомендацій щодо покращення роботи закритої регулюючої мережі слід організувати спостереження за основними показниками інтенсивності осушення та ефективності меліорації земель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверьянов С.Ф. О расчёте осушительного действия горизонтального дренажа в условиях напорного питания / С.Ф. Аверьянов // Научные записки МИИВХ им. В.Р. Вильямса. – 1960. – Т. 22. – С. 3 – 13.
2. Аверьянов С.Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушении системой каналов (дрен) / С.Ф. Аверьянов // Гидротехника и мелиорация. – 1957. – № 12. – С. 49 – 61.
3. Акрамов Э.А. Проблемы методологии определения эффективности капитальных вложений на примере ирригации и мелиорации земель Узбекистана / Акрамов Э.А. – Ташкент: Фан, 1973. – 179 с.
4. Алеханд К. Причины отказа действия дренажа в Эстонской ССР / К. Алеханд, Х. Каск, А. Юске [и др.] // Гидротехника и мелиорация. – 1981. – № 3. – С. 57 – 58.
5. Алексанкин А.В. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР / А.В. Алексанкин, Н.И. Дружинин. – М. : Колос, 1980. – 288 с.
6. Алексієвський В.Є. Режим ґрунтових вод на осушених землях Прип'ятського Полісся України / В.Є. Алексієвський // Питання меліорації та ефективного використання осушених земель Українського Полісся. – 1976. – С. 53 – 56.
7. Андрияускайте Е.М. Влияние дрены на физические свойства и урожайность почв различного механического состава : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Е.М. Андрияускайте. – Каунас, 1958. – 26 с.
8. Антонюк Р.А. Статистическая обработка результатов исследований в гидромелиорации : [учеб. пособ] / Антонюк Р.А. – К.: УМК ВО Минвуз СССР, 1990. – 76 с.
9. Афанасик И. Управление водным режимом на больших мелиоративных системах / Г.И. Афанасик, А.А. Омелько, Л.Ф. Жуков // Мелиорация и охрана окружающей среды. – 1989. – С. 17 – 26.
10. Бадинський Л.О. Вплив інтенсивності осушення на рівні ґрунтових вод / Л.О. Бадинський, Г.І. Сапсай // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2008. – № 2(42), ч. 1. – С. 89 – 95.
11. Бадинський Л.О. Оцінка дії дренажних систем при зміні їхнього технічного стану (на прикладі Західного Полісся України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / Л.О. Бадинський. – Р., 2011. – 20 с.
12. Бадинський Л.О. Оцінка інтенсивності осушення перезволожених ґрунтів Західного Полісся в умовах погіршення технічного стану гідромеліоративних систем / Л.О. Бадинський, Г.І. Сапсай // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2009. – № 4(48). – С. 257 – 265.
13. Балаев Л.Г. Постановка и оценка научных исследований проектирования гидромелиоративных систем / Л.Г. Балаев, Л.М. Рекс // Совершенствование методов гидрогеологических и почвенно-мелиоративных исследований

орошаемых и осушаемых земель. – 1976. – № 4. – С. 41 – 52.

14. Балюк С.А. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів : [метод. посіб.] / Балюк С.А. – Книга 1. – Х. : ННЦ „ІГА ім. О. Н. Соколовського” УААН, 2004. – 210 с.

15. Бернадський А.О. Обґрунтування дренажу в поєднанні з глибоким розпушенням для слабоводопроникних ґрунтів Українського Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.02 „Меліорація і зрошувальне землеробство” / А.О. Бернадський. – Р., 1996. – 22 с.

16. Брусиловский Ш.И. Влияние глубины и расстояний между дренами на водный режим супесчаных почв / Ш.И. Брусиловский, Е.М. Козлов // Мелиорация переувлажненных земель. – 1976. – Т. 26. – С. 79 – 90.

17. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв: учеб. [для студ. высш. студ. завед.] / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

18. Василів В.Б. Поліпшення меліоративного стану важких ґрунтів Передкарпаття багатоярусним розпушенням : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / В.Б. Василів. – Р., 2003. – 19 с.

19. Васильев В.В. Современное состояние и эффективность использования мелiorативного комплекса Беларуси : (материалы междун. науч.-практ. конф. „Роль мелiorации и водного хозяйства в реализации национальных проектов”) [Электронный ресурс] / В.В. Васильев. – Москва: Московский государственный университет природообустройства, 2008. – Режим доступа до статті: http://msuee.ru/science/1/sb-08/sb-08_1_13.pdf.

20. Веремеєнко С.І. Еволюція і управління продуктивністю ґрунтів Полісся України / Веремеєнко С.І. – Луцьк : Надстир’я, 1997. – 314 с.

21. Веремеєнко С.І. Оцінка водного режиму ґрунтів Полісся України / С.І. Веремеєнко // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2007. – № 3(39), ч. 1. – С. 203 – 208 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <http://nuwm.rv.ua/metods/asp/v391.html>.

22. Використання меліорованих земель Рівненської області в сучасних умовах : [інформаційно-довідковий посіб.] / П.І. Коваленко, М.І. Ромащенко, В.М. Терещенко, Б.І. Чалий. – К.-Р.: Ковельська міська друкарня, 1997. – 124 с.

23. Вознюк С.Т. Західне Полісся: сучасний стан і подальший розвиток меліорації земель / С.Т. Вознюк // Водне господарство України. – 1996. – № 4. – С. 16 – 19.

24. Вознюк С.Т. Лабораторно-практичні заняття з ґрунтознавства: навч. посіб. / Вознюк С.Т., Шаталов О.С., Вознюк Н.М. – Р.: Вид. центр РДТУ, 2000. – 174 с.

25. Востриков В.П. Формирование гидротермического режима осушаемых почв при круглогодичном обогреве осушаемых почв сбросными теплыми водами электростанций : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.П. Востриков. – М., 1987. – 18 с.

26. Временная методика определения экономической эффективности капитальных вложений в строительство гидромелиоративных систем и

- освоение мелиорируемых земель. – К.: Ин-т экономики АН УССР, 1988. – 33 с.
27. Гаврилюк В.С. Фізико-географічні райони Західного Полісся / В.С. Гаврилюк // Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся. – 1955. – С. 91 – 114.
28. Галузева програма “Водне господарство України – 2010”. Затверджена наказом Держводгоспу України 28.09.1999 р. – К. : Держводгосп України, 1999. – 23 с.
29. Гаськевич В.Г. Осушені мінеральні ґрунти Малого Полісся : монографія / В.Г. Гаськевич, С.П. Позняк. – Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 256 с.
30. Геренчук К.І. Природа Ровенської області / Геренчук К.І. – Львів: Вища шк., 1976. – 156 с.
31. Гімбаржевський В.Р. Вплив глибокого рихлення дерново-підзолистих ґрунтів Українського Полісся на ефективність роботи закритого дренажу / В.Р. Гімбаржевський // Вісник сільськогосподарської науки. – 1983. – № 6. – С. 54 – 57.
32. Головка Д.Г. Влияние режима осушения на основные факторы роста и развития сельскохозяйственных культур / Д.Г. Головка // Режимы осушения и методика полевых научных исследований. – 1971. – С. 50 – 94.
33. Гордійчук А.С. Економіка водного господарства: навч. посіб. / А.С. Гордійчук, О.А. Стахів. – Р.: Вид. центр РДТУ, 2000. – 160 с.
34. Гордійчук А.С. Методика економічної оцінки ефективності водогосподарських заходів: навч. посіб. / А.С. Гордійчук, О.А. Стахів. – Р.: Вид. центр РДТУ, 2000. – 134 с.
35. Городецький Д.В. Змінення водно-фізичних і фізико-хімічних властивостей дерново-підзолистих піщаних ґрунтів Полісся України в залежності від способів їх окультурення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.03 „Агроґрунтознавство та агрофізика” / Д.В. Городецький. – Харків, 1993. – 22 с.
36. Грицан С.В. Дослідження технічного стану гончарного дренажу на піщаних ґрунтах Західного Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.20.05 „Гідротехнічні меліорації” / С.В. Грицан. – Р., 1998. – 17 с.
37. Грицан С.В. Технічний стан гончарного дренажу при його експлуатації / С.В. Грицан, Г.І. Сапсай, М.О. Лазарчук // Водне господарство України. – 1997. – Спецвипуск. – С. 42 – 44.
38. Гурин В.А. Повышение надежности и совершенствования закрытой оросительной сети в условиях юга УССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.А. Гурин. – М., 1991. – 40 с.
39. Гурин В.А. Самопромивання дренажної лінії при її замуленні / В.А. Гурин, Ю.П. Євресенко, Л.В. Кузьмич // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. – 2008. – № 33. – С. 3 – 10.
40. ДБН В.2.4–1–99 Меліоративні системи та споруди. Норми проектування. – К.: Держбуд України, 1999. – 174 с.
41. Димо В.Н. Методы изучения теплового режима и теплофизических почв /

- В.Н. Димо // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. – 1976. – С. 246 – 301.
42. Дмитриев В.С. Экономика мелиорации земель / Дмитриев В.С. – М.: Экономика, 1984. – 136 с.
43. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. – М. : Колос, 1979. – 412 с.
44. Евдокимова Н.В. Расчетные модули дренажного стока из гончарных дренажей на старонакопных территориях Полесья УССР / Н.В. Евдокимова, П.С. Багнак // Мелиорация и водное хозяйство. – 1968. – № 8. – С. 34 – 39.
45. Забочина З.О. Вказівки по осушенню мінеральних надмірно-зволожених земель закритим дренажем в західних областях УРСР. – К.: Урожай, 1969. – 32 с.
46. Забочина З.А. Закрыты дренаж і яго ўплыў на верховодкі / З.А. Забочина // Мелиорация и водное хозяйство. – 1978. – № 44. – С. 55 – 61.
47. Забочина З.А. К нормативам дренирования минеральных избыточно увлажненных земель гончарным дренажем / З.А. Забочина // Мелиорация и водное хозяйство. – 1966. – № 4. – С. 70 – 80.
48. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв / Зайдельман Ф.Р. – М.: Колос, 1975. – 320 с.
49. Закон України „Про меліорацію земель” від 14.01.2000 р., №1389 - XIV.
50. Заморій П.К. Четвертинні відклади Українського Полісся / П.К. Заморій // Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся. – 1955. – С. 45 – 90.
51. Западное Полесье УССР. – К.: Изд. АН УССР, 1956. – 174 с.
52. Земельний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95–ВР.
53. Землеробство на осушуваних землях / [Цюпа М.Г., Бистрицький В.С., Слюсар Т.І. та ін.] ; за ред. М.Г. Цюпи. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
54. Зубец В.М. Работа гончарного дренажа в условиях подпора / В.М. Зубец, А.И. Мурашко // Гидротехника и мелиорация. – 1965. – № 11. – С. 20 – 29.
55. Зубец В.М. Эксплуатация закрытых осушительных систем / В.М. Зубец, А.Е. Вакар. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 135 с.
56. Иванов Е.К. Проектирование объектов реконструкции в зоне осушения / Е.К. Иванов, Я.В. Баткимен // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 12. – С. 14 – 16.
57. Ивицкий А.И. Влияние осушения болот на водный режим прилегающих территорий / А.И. Ивицкий, П.В. Шведовский // Геологическая роль торфяников и их роль в экологическом равновесии биосферы. – 1981. – С. 16 – 26.
58. Ивицкий А.И. Основы проектирования и расчетов осушительных и осушительно-увлажнительных систем / Ивицкий А.И. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 311 с.
59. Инструкция по изучению водно-физических свойств заболоченных и болотных почв на объектах осушения. – М.: Росгипроводхоз, 1964. – 85 с.
60. Ионат В.А. Расчет горизонтального дренажа в неоднородных грунтах / Ионат В.А. – Таллин : ЭНИИЗиМ, 1962. – 347 с.

61. Исследование и оценка состояния мелиоративных систем в Литве / Л. Каткявичюс, Л. Кинчюс, А. Поцене [и др.] // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2007. – № 3(39), ч. 1. – С. 150 – 156.
62. Інструкція з обліку та оцінки стану меліорованих земель і меліоративних систем : ВНД 33–5.5–13–2002 / упоряд. О.В. Уралов, М.І. Жовтоног, І.К. Каушан. – Офіц. вид. – К.: Держводгосп України, 2002. – 34 с. – (Відомчі нормативні документи).
63. Канцибер Ю.А. Вопросы обоснования водобалансовой методики расчета инфильтрационного притока воды к осушителям : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Ю.А. Канцибер. – Мн., 1975. – 24 с.
64. Кардашов А.Т. Особенности гидротермического режима осушаемых земель Западного Полесья УССР, как среды обитания растений : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / А.Т. Кардашов. – Р., 1975. – 24 с.
65. Кирьянов В.Н. Теоретические основы оценки и оптимизации надежности функционирования гидромелиоративной системы (на примере водоподающей части в орошаемой зоне) : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.Н. Кирьянов. – М., 1993. – 50 с.
66. Клименко М.О. Формування режиму ґрунтових вод Волинського Полісся в сучасних умовах / М.О. Клименко, Г.М. Статкевич, М.В. Захаров // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2008. – № 2(42), ч. 1. – С. 29 – 34 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <http://nuwm.rv.ua/metods/asp/vd/v42105.zip>.
67. Клименко Н.А. Почвенные режимы гидроморфных почв Полесья УССР / Клименко Н.А. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 174 с.
68. Климко А.И. Расчеты оптимальных параметров сельскохозяйственного дренажа / Климко А.И., Канцибер Ю.А., Ермолина Л.М. – М.: Колос, 1979. – 144 с.
69. Клімов С.В. Обґрунтування параметрів дренажно-екранних модулів осушувальних систем : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / С.В. Клімов. – Р., 2006. – 21 с.
70. Коваленко П.И. Реконструкция мелиоративных систем / Коваленко П.И., Чалый Б.И., Тышенко А.И. – М.: Урожай, 1991. – 168 с.
71. Коваленко П.І. Зрошувальні та дренажні системи України: сучасний стан та перспективи розвитку / П.І. Коваленко // Водне господарство України. – 2009. – № 6. – С. 5 – 7.
72. Коваленко П.І. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / Коваленко П.І. – К.: Аграрна наука, 2001. – 214 с.
73. Ковальчук В.П. Оптимізація технологічних параметрів регулювання водного та теплового режимів ґрунтів на основі системного моделювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02

- „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / В.П. Ковальчук. – К., 2001. – 18 с.
74. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища / Ковальчук П.І. – К.: Либідь, 2003. – 208 с.
75. Кожушко Л.Ф. Обґрунтування необхідності та шляхи удосконалення методики оцінки економічної ефективності меліоративних проєктів / Л.Ф. Кожушко, Н.А. Рокочинська // Вісник Рівненського державного технічного університету. – 2001. – № 4(11). – С. 49 – 56.
76. Кожушко Л.Ф. Особливості вибору та застосування критеріїв порівняльної оцінки проєктних меліоративних рішень в сучасних умовах господарювання / Л.Ф. Кожушко, Н.А. Рокочинська // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. – 2002. – № 4(17). – С. 42 – 47.
77. Козлов В.С. Расчет дренажных сооружений. – М.: Госстройиздат, 1940. – 244 с.
78. Козлов Е.М. Исследование осушительного действия гончарного дренажа на связанных супесчаных почвах в зависимости от уклона поверхности : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Е.М. Козлов. – Мн., 1976. – 20 с.
79. Козлов М.Ф. Режим подземных вод и влаги в зоне аэрации на территории Белорусского Полесья / М.Ф. Козлов, В.П. Васильев. – Мн.: Наука и техника, 1974. – 204 с.
80. Козловський Б.І. Ефективність осушених меліорацій на Львівщині / Б.І. Козловський, Й.М. Білоус // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2004. – № 4 (28). – С. 50 – 58.
81. Козловський Б.І. Меліоративний стан осушуваних земель західних областей України : [монографія] / Козловський Б.І. – Львів: Євросвіт, 2005. – 420 с.
82. Козловський Б.І. Наукові основи моніторингу осушених земель (на прикладі західних областей України) / Козловський Б.І. – Львів: Місіонер, 1995. – 189 с.
83. Комплексна програма розвитку меліорації земель і поліпшення екологічного стану зрошуваних і осушених угідь на період до 2010 року : схвалено постановою Кабінету Міністрів України від 24 червня 2006 року № 863. – К.: Держводгосп України, 2006. – 12 с.
84. Концепція розвитку водного господарства України. – К., 1996. – 35 с.
85. Костяков А.Н. Основы мелиораций / Костяков А.Н. – М.: Сельхозиздат, 1960. – 624 с.
86. Крамер Г. Математические методы статистики / Г. Крамер. – М.: Мир, 1969. – 648 с.
87. Кривоносов И.М. Основные принципы дренирования сельскохозяйственных земель в Северо-Западной зоне Нечерноземной полосы / И.М. Кривоносов // Опыт мелиорации в Северо-Западной зоне. – 1962. – С. 45 – 64.
88. Кубышкин В.П. Исследование параметров закрытого дренажа при осушении суглинистых почв различных генетических типов с учетом их

- водопроницаемости, характера водного питания и условий рельефа / В.П. Кубышкин // Осушение тяжелых почв. – 1981. – С. 85 – 98.
89. Кубышкин В.П. Осушительное действие закрытого дренажа в суглинистых почвах / В.П. Кубышкин // Вопросы осушения. – 1964. – С. 41 – 46.
90. Кузьмич Л.В. Підвищення надійності та удосконалення елементів закритої мережі осушувальної системи (в умовах Західного Полісся України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / Л.В. Кузьмич. – К., 2006. – 18 с.
91. Куртнер Д.А. Агрометеорологические основы тепловой мелиорации почв / Д.А. Куртнер, А.Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 231 с.
92. Лазарчук Н.А. Оптимизация расчета осушительных систем и управления ими : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Н.А. Лазарчук. – Мн., 1992. – 40 с.
93. Ламсодис Р. Исследование режима почвенно-грунтовых вод и почвенной влаги на тяжелых дренированных почвах : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Р. Ламсодис. – Каунас, 1972. – 26 с.
94. Ларионова А.М. Цель и задачи мелиораций в развитии АПК : (материалы междунар. науч.-практ. конф. „Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем”) [Электронный ресурс] / А.М. Ларионова. – Москва : Московский государственный университет природообустройства, 2006. – Режим доступа до статьи: http://msuee.ru/science/1/sb-06.files/1_21_sb_06.html.
95. Лелявский В.В. Основы контроля за происходящими изменениями в природных комплексах под влиянием осушения / Лелявский В.В. – К., 1992. – 53 с.
96. Леушев А.Н. Результаты исследования дренажного стока на минеральных периодически увлажненных почвах / А.Н. Леушев // Гидротехника и мелиорация. – 1966. – С. 103 – 114.
97. Линкевич Н.Н. Гидротермический режим автоморфных почв : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Н.Н. Линкевич. – Мн., 1991. – 22 с.
98. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Линник Ю.В. – М.: Физматгиз, 1962. – 349 с.
99. Лихацевич А.П. Мелиорация земель в Беларуси / Лихацевич А.П., Мееровский А.С., Вахонин Н. К. – Мн.: БелНИИМиЛ, 2001. – 308 с.
100. Лихацевич А.П. Состояние и пути повышения эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель Беларуси / А.П. Лихацевич // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2007. – № 4(40), ч. 1. – С. 142 – 149.
101. Ліпінський В.М. Клімат України / В.М. Ліпінський, В.М. Бабіченко. – К.: Видав-во Раєвського, 2003. – 343 с.
102. Лыко Д.В. Проблемы и пути окультуривания мелиорируемых земель

- Полесья УССР / Лыко Д.В. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 164 с.
103. Маринич О.М. Короткий геолого-геоморфологічний нарис Полісся Української РСР / О.М. Маринич // Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся. – 1955. – С. 5 – 44.
104. Маринич О.М. Українське Полісся / Маринич О.М. – К.: Радянська школа, 1962. – 163 с.
105. Маслов Б.С. Режим грунтовых вод переувлажненных земель и его регулирование / Маслов Б.С. – М.: Колос, 1970. – 232 с.
106. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины / Медведев В.В. – Х.: Антикава, 2002. – 428 с.
107. Мелиорация. Энциклопедический справочник. – Мн.: „Белорусская советская энциклопедия” имени Петруся Бровки, 1985. – 567 с.
108. Методические рекомендации по расчету расстояний между дренами в условиях Полесья Украины / [за ред. Г.И. Сапсая]. – Р.: УИИВХ, 1992. – 14 с.
109. Методические указания по выполнению НИР студентов по разделу „Организация и проведение лабораторных, вегетационных и полевых экспериментов” / [Гончаров С.М., Ковалев С.В.]. – Р.: УИИВХ, 1980. – 53 с.
110. Методичні вказівки по проведенню польових дослідів на осушених землях. – Київ: Вид-во УкрНДІЗ, 1972. – 19 с.
111. Методичні рекомендації з оцінки дії дренажних систем при зміні їх технічного стану / Сапсай Г.І., Бадинський Л.О., Величко С.В. – К.–Р.: НУВГП, 2011. – 20 с.
112. Модернізація та реконструкція осушувальних систем в умовах реформування власності у сільському господарстві : посіб. до ДБН В.2.4–1–99 „Меліоративні системи та споруди” / [П.І. Коваленко, М.В. Яцик, Б.І. Чалий та ін.]. – К.: Ін-т. гідротехніки і меліорації, 2003. – 31 с.
113. Московченко В.Ф. Исследование дренажного стока и обоснование его расчетных характеристик на минеральных переувлажненных почв юго-западной части Припятского Полесья : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.Ф. Московченко. – К., 1983. – 22 с.
114. Мошинський В.С. Моніторинг і оцінка еколого-меліоративного стану осушуваних земель Рівненської області / Мошинський В.С. – Р.: Вид. центр УПВГ, 1995. – 46 с.
115. Мошинський В.С. Методи управління продуктивністю та екологічною стійкістю осушуваних земель : [монографія] / Мошинський В.С. – Р.: Вид. центр НУВГП, 2005. – 343 с.
116. Муранов В.Г. Оптимизация параметров дренажа для почв атмосферно-грунтового питания в зоне Западного Полесья УССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.Г. Муранов. – К., 1989. – 18 с.
117. Мурашко А.И. Защита дренажа от заиления / А.И. Мурашко, Е.Г. Сапожников. – Мн.: Ураджай, 1978. – 168 с.
118. Мурашко А.И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / Мурашко А.И. – М.: Колос, 1992. – 272 с.

119. Науково-аналітичні дослідження „Результати моніторингу меліорованих та прилеглих до них земель у системі Держводгоспу України”. – Київ, 2006. – 58 с.
120. Науменко И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем / Науменко И.И. – К., 1990. – 236 с.
121. Науменко І.І. Оцінка ефективності дренажу як стохастичного процесу / І.І. Науменко, Г.І. Сапсай, Л.О. Токар, Л.О. Бадинський // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. – 2003. – № 6(19). – С. 166 – 173.
122. Нерпин С.В. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух / С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 358 с.
123. Нестеренко И.М. Мелиорация земель Европейского Севера СССР / Нестеренко И.М. – Л.: Наука, 1979. – 360 с.
124. Никольский Ю.Н. Оптимизация водного режима осушаемых земель грунтового типа питания : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Ю.Н. Никольский. – М., 1988. – 41 с.
125. Окорский В.П. Оптимизация режима работы осушительных систем украинского Полесья на основе гидрометеорологических прогнозов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.П. Окорский. – Р., 1991. – 22 с.
126. Олейник А.Я. Гидродинамика дренажа / Олейник А.Я. – К.: Наукова думка, 1981. – 283 с.
127. Олейник А.Я. Дренаж переувлажненных земель / А.Я. Олейник, В.Л. Поляков. – К.: Наук. думка, 1987. – 277 с.
128. Олейник В.С. Водно-физические свойства переувлажненных минеральных почв Западного Полесья УССР и их улучшение в условиях дренажа : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / В.С. Олейник. – Р., 1974. – 27 с.
129. Оліневич В.О. Ефективність добрив на осушених землях Західного Полісся УРСР / В.О. Оліневич, В.Г. Криштоф, П.К. Кузьмич // Актуальні проблеми меліоративного і водно-господарського будівництва. – 1973. – С. 18 – 23.
130. Ольховик О.І. Кошторисна вартість будівництва / Ольховик О.І., Яковець П.П., Білецький А.А. – Р.: НУВГП, 2006. – 261 с.
131. Оппоков В.Е. Режим грунтовых вод в районе Полесья / Оппоков В.Е. – СПб.: Изд-во отдела зем. улучш., 1913. – 207 с.
132. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель (рекомендации) / Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. – М.: Агрометеиздат, 1990. – 60 с.
133. Оптимізація розрахунку осушувальних систем та управління ними : монографія / [М.О. Лазарчук, А.В. Черенков, А.М. Рокочинський та ін.] ; за ред. М.О. Лазарчука. – Р.: Вид. центр НУВГП, 2010. – 355 с.
134. Осауленко О.Г. Статистичний щорічник України за 2004 рік / Осауленко О.Г. – К.: Видав-во „Консультант”, 2005. – 591 с.

135. Основні показники технічної експлуатації осушувальних систем і використання меліорованих земель Волинського обласного управління меліорації і водного господарства. – Луцьк, 2019. – 44 с.
136. Основні показники технічної експлуатації осушувальних систем і використання меліорованих земель Рівненського обласного управління меліорації і водного господарства. – Рівне, 2019. – 56 с.
137. Осушительная мелиорация и охрана природных ресурсов Украинского Полесья / [Цемко В.П., Паламарчук И.К., Травянка В.С. и др.] ; под ред. В.П. Цемка. – К.: Наук. думка, 1988. – 180 с.
138. Оценка и контроль изменений в природных комплексах под влиянием осушения / [В.Е. Алексеевский, О.В. Скрипник, Г.П. Рябцева и др.]. – К.: УкрНИИГиМ, 1992. – 255 с.
139. Перезволожені ґрунти та їх меліорація / [Вознюк С.Т., Оліневич В.О., Олійник В.С. та ін.]; за ред. С.Т. Вознюка. – К.: Урожай, 1984. – 104 с.
140. Перехрест С.М. Меліорація надмірно зволжених мінеральних земель України / Перехрест С.М. – К.: Наук. думка, 1966. – 132 с.
141. Писарьков Х.А. Анализ действия осушительных систем на минеральных почвах / Х.А. Писарьков // Труды СевНИИГиМ. – 1963. – Т. 20. – С. 28 – 72.
142. Поздін В.О. Дослідження дії гончарного дренажу в дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття / В.О. Поздін // Меліорація та ерозія ґрунтів у західних областях УРСР. – 1972. – С. 3 – 10.
143. Половко І.К. Клімат Полісся України / І.К. Половко // Нариси про природу і сільське господарство Українського Полісся. – 1955. – С. 143 – 159.
144. Полупан М.І. Класифікація ґрунтів України / М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2002. – Спец. вип. – Кн. 1. – С. 129 – 139.
145. Поляков В.Л. Визначення параметрів режиму роботи дренажу при регулюванні рівня підґрунтових вод / В.Л. Поляков // Меліорація і водне господарство. – 1994. – Вип. 81. – С. 73 – 78.
146. Поляков В.Л. К расчету параметров дренажа, обеспечивающих стабилизацию уровня грунтовых вод / В.Л. Поляков // Гидравлика и гидротехника. – 1989. – Вып. 48. – С. 62 – 66.
147. Поляков В.Л. Теория и методы расчета дренажа переувлажненных земель : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук / спец. 05.14.09 „Гидравлика и инженерная гидрология” / В.Л. Поляков. – Л., 1987. – 34 с.
148. Посібник з ведення спостережень для еколого-меліоративного моніторингу (ЕММ) на осушуваних землях гумідної зони України / До ВБН 33–5.5–01–97. – Офіц. вид. – К.: Держводгосп України, 1997. – 124 с.
149. Пособие по методике оценки и прогноза эколого-мелиоративного состояния мелиорированных земель, часть 2 – „Методика оценки и прогноза эколого-мелиоративного состояния и экологической надежности осушительных систем в гумидной зоне Украины” : пособ. к ВСН 33–5.5–01–97 „Организация и ведение эколого-мелиоративного мониторинга на мелиорированных землях Украины” / [В.Е. Алексеевский, Е.В. Цветова, И.Ю. Наседкин и др.]. – К.: Ин-т. гидротехники и мелиорации, 2000. – 32 с.

150. Почвоведение. – М.: Колос, 1975. – 495 с.
151. Почвы СССР. – М.: Мысль, 1979. – 380 с.
152. Правила технічної експлуатації меліоративних систем / Державний комітет України по водному господарству. – Офіц. вид. – К.: Держводгосп України, 2001. – 79 с.
153. Преображенский А.Б. Обоснование параметров оценки надежности осушительных систем : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / А.Б. Преображенский. – М., 1987. – 20 с.
154. Прищепа А.М. Екологічна оцінка гідротермічного режиму торфових ґрунтів Західного Полісся України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.00.03 „Агрофізика та агроґрунтознавство” / А.М. Прищепа. – Р., 1996. – 22 с.
155. Рекомендации по проектированию осушительных систем в Украинской ССР. – К.: Укргипроводхоз, 1979. – 411 с.
156. Рекомендации по определению экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель. – М. : Союзводпроект, 1990. – 34 с.
157. Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем / Рекс Л.М. – М.: Аслан, 1995. – 192 с.
158. Рижук С.М. Агроекологічні основи ефективного використання осушуваних ґрунтів Полісся і Лісостепу України / С.М. Рижук, І.Т. Слюсар. – К.: Аграрна наука, 2006. – 424 с.
159. Римидис А. Напор воды в междренье как показатель эффективности действия дренажных систем / А. Римидис // Вісник РДТУ. – 2001. – № 26. – С. 102 – 114.
160. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / [Медведєв В.В., Чесняк Г.Я., Лактіонова Т.М. та ін.]; за ред. В. В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. – 248 с.
161. Розенберг В.К. О почвенной влажности дренированных дерново-подзолистых глеевых почв / В.К. Розенберг // Труды ЛатНИИГиМ. – 1970. – № 10(17). – С. 41 – 58.
162. Рокочинський А.М. Наукові та практичні аспекти оптимізації водорегулювання осушуваних земель на еколого-економічних засадах : [монографія] / Рокочинський А.М. – Р.: Вид. центр НУВГП, 2010. – 351 с.
163. Рокочинський А.М. Оптимізація проектних технічних і технологічних рішень з водорегулювання осушуваних земель : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / А.М. Рокочинський. – К., 2002. – 35 с.
164. Романюк І.В. Теплова меліорація ґрунту скидною теплою водою за допомогою гідротехнічної системи з теплообмінниками – рукавами (в умовах Західного Полісся України) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / І.В. Романюк. – Р., 2007. – 18 с.
165. Рудой А.У. Влияние степени дренирования на водный режим тяжелого

- механического состава / А.У. Рудой // Конструкции и расчеты осушительно-увлажненных систем. – 1976. – № 2. – С. 110 – 119.
166. Сакали Л.И. Влияние некоторых элементов теплового режима на условия роста зерновых культур / Л.И. Сакали, А.П. Солодовникова // Труды УкрНИИГиМ. – 1966. – № 58. – С. 71 – 84.
167. Сапсай Г.И. Действие дренажа и расчет его параметров на дерново-подзолистых глеевых почвах Западного Полесья УССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Г.И. Сапсай. – К., 1987. – 22 с.
168. Сапсай Г.И. Методика оценки действия осушительно-увлажнительных систем при ухудшении их технического состояния / Г.И. Сапсай, Л.А. Бадинський // Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель: междунар. науч.-практ. конф., 15–17 сент. 2010 г.: тезисы докл. – Мн., 2010. – С. 194 – 196.
169. Сапсай Г.І. Вплив інтенсивності осушення на дренажний стік / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2004. – № 4(28). – С. 72 – 79.
170. Сапсай Г.І. Вплив інтенсивності осушення на температурний режим дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Таврійський науковий вісник. – 2007. – Вип. 52. – С. 351 – 360.
171. Сапсай Г.І. Динаміка вологості дренажних дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. – 2004. – № 29. – С. 85 – 91.
172. Сапсай Г.І. Ефективність дренажу дерново-підзолистих глейових ґрунтів Полісся України / Г.І. Сапсай, Є.Г. Герасімов, А.С. Кухарчук, Л.О. Бадинський // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. – 2002. – № 5(18). – С. 132 – 138.
173. Сапсай Г.І. Оцінка ефективності використання дренажних мінеральних ґрунтів Західного Полісся України / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Меліорація і водне господарство. – 2006. – № 93–94. – С. 266 – 272.
174. Сапсай Г.І. Системне дослідження процесу меліорацій гідроморфних ґрунтів / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. – 2009. – № 34. – С. 45 – 50.
175. Сапсай Г.І. Формування температурного режиму дренажних дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся України / Г.І. Сапсай, Л.О. Бадинський // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2007. – № 3(39), ч. 1. – С. 371 – 377.
176. Свиклис П.Б. О влиянии дренажного стока на урожайность сельскохозяйственных культур / П.Б. Свиклис // Труды ЛатНИИГиМ. – 1967. – № 5(12). – С. 77 – 104.
177. Сивицкис К.К. Осушительная эффективность дренажа в замкнутых впадинах суглинистых почвогрунтов : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / К.К. Сивицкис. – Мн., 1991. – 20 с.

178. Скрипник О.В. Технология регулирования водного режима осушаемых земель / Скрипник О.В., Сорока И.С., Кубышкин В.П. – К.: Урожай, 1992. – 168 с.
179. Слюсар І.Т. Комплексне обстеження осушуваних ґрунтів / І.Т. Слюсар, С.М. Рижук // Агроекологічний моніторинг і паспортизація земель. – 2002. – С. 76 – 81.
180. Смилга Х.А. Исследование водного режима дренированных слабопроницаемых дерново-глеевых почв в условиях Латвийской ССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Х.А. Смилга. – Мн., 1974. – 25 с.
181. Смилга Х.А. Причины недостаточного осушительного действия дренажа / Х.А. Смилга, Р.Я. Друвист, П.А. Делиныш [и др.] // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 9. – С. 46 – 49.
182. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. – К.: Наукова думка, 1978. – 584 с.
183. Справочник по эксплуатации мелиоративных систем Нечерноземной зоны РСФСР / [Даишев Т.И., Бишоф Э.А., Циприс Д.Б. и др.]; под ред. Т.И. Даишева. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 263 с.
184. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Т.1. Экономика / [сост.: Е.И. Сердюк, В.И. Кузнецов, Л.Г. Артемова; Под ред. В.Ф. Моховикова]. – М.: Колос, 1984. – 255 с.
185. Сташук В.А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / Сташук В.А. – Дніпропетровськ: Зоря, 2006. – 480 с.
186. Сташук В.А. Оцінка і прогноз формування водного режиму осушених земель при різних способах його регулювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Меліорація і зрошувальне землеробство” / В.А. Сташук. – Р., 1993. – 28 с.
187. Технические указания по оптимизации параметров горизонтального дренажа на основании экономико-математического расчета при проектировании осушительных систем в Украинской ССР : НТД 33-63-090-89 / Лазарчук Н.А., Муранов В.Г., Черенков А.В., Рокочинский А.Н. – К.: Укргипроводхоз, 1989. – 26 с.
188. Тимчасові рекомендації з економічного обґрунтування меліоративних проектів у зоні осушувальних меліорацій / Рокочинська Н.А., Кожушко Л.Ф., Рокочинський А.М., Дупляк В.Д. – Р.: НУВГП, 2004. – 68 с.
189. Тимчасові рекомендації з обґрунтування ефективної проектної врожайності на осушуваних землях при будівництві й реконструкції меліоративних систем. – Рівне: НУВГП, 2004. – 43 с.
190. Ткачук М.М. Наукові основи створення дренажно-модульних систем в гумідній зоні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (технічні науки)” / М.М. Ткачук. – Р., 2005. – 35 с.
191. Ткачук М.М. Використання фільтруючих елементів на дренажно-модульних системах / М.М. Ткачук, Р.О. Кириша // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2009. – № 3(47),

ч. 1. – С. 219 – 224.

192. Трегобчук В.М. Экономико-экологические проблемы гидромелиорации / Трегобчук В.М. – К. : Наукова думка, 1990. – 208 с.
193. Трускавецький Р.С. Особливості ґрунтового покриву в гумідній зоні / Р.С. Трускавецький, В.І. Шматок // Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення. – 2001. – С. 161 – 164.
194. Тумас Р.А. Методы долгосрочного прогнозирования действия дренажа при осушении минеральных почв Нечерноземной зоны СССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / Р.А. Тумас. – М., 1978. – 46 с.
195. Тыщенко А.И. Исследование осушительного действия пластмассового дренажа на суглинистых почвах : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / А.И. Тыщенко. – Р., 1973. – 21 с.
196. Физико-географическое районирование Украинской ССР. – К.: Изд. КГУ, 1969. – 683 с.
197. Фроленкова Н.А. Еколого-економічне оцінювання в управлінні меліоративними проектами : [Монографія] / Фроленкова Н.А., Кожушко Л.Ф., Рокочинський А.М. – Р.: Вид. центр НУВГП, 2007. – 257 с.
198. Хвесик М.А. Комплексний аналіз розвитку водних меліорацій в Україні / М.А. Хвесик, Н.М. Радкевич. – К. : РВПС України НАН України, 2003. – 128 с.
199. Хлапук М.М. Теоретичні основи фільтрації в середовищах, що деформуються, та їх застосування в області дренажу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.23.16 „Гідравліка і інженерна гідрологія” / М.М. Хлапук. – Р., 1999. – 34 с.
200. Хоммик К.Т. Влияние осушения на режим стока в условиях Эстонской ССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / К.Т. Хоммик. – М., 1955. – 19 с.
201. Хорєв В.М. Перспективні напрямки та наукове забезпечення розвитку водного господарства в Україні / В.М. Хорєв // Меліорація та гідротехнічне будівництво. – 2001. – № 26. – С. 3 – 11.
202. Цысь П.И. Геоморфология УССР / Цысь П.И. – Львов: Изд. ЛТУ, 1962. – 321 с.
203. Черенков А.В. Обоснование элементов технологии подпочвенного увлажнения с учетом влияния конструкций и параметров закрытого дренажа и проводящей сети каналов в дерновых и дерново-подзолистых почвах Западного Полесья УССР : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук : спец. 06.01.02 „Мелиорация и орошаемое земледелие” / А.В. Черенков. – К., 1983. – 15 с.
204. Шалай С.В. Обґрунтування ефективної врожайності сільськогосподарських культур на осушуваних землях за довготерміновим прогнозом : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації (сільськогосподарські науки)” / С.В. Шалай. – К., 2006. – 18 с.

205. Шебеко В.Ф. Водохозяйственные расчеты при мелиорации переувлажненных земель / Шебеко В.Ф. – Мн. : БелНИИМиЛ, 2000. – 308 с.
206. Шевченко Н.Н. Особенности земледелия на мелиорированных землях Полесья Украины / Шевченко Н.Н., Лыко Д.В., Клименко Н.А. – К.: Наук. думка, 1992. – 172 с.
207. Шкиннис Ц.Н. Проблемы гидрологии дренажа / Шкиннис Ц.Н. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 347 с.
208. Штепа Б.Г. Методы системного анализа в мелиорации и водном хозяйстве / Штепа Б.Г. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 262 с.
209. Шумаков Б.Б. Мелиорация в XXI веке / Б.Б. Шумаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. – № 3. – С. 4 – 6.
210. Эталонные осушительные системы Украинского Полесья / [Белоус И.М., Козловский Б.И., Махибразюк В.Х. и др.]; под ред. В.Е. Алексеевского. – К.: УкрНИИГиМ, 1992. – 41 с.
211. Янголь А.М. Некоторые результаты научно-исследовательских работ по осушительным мелиорациям /А.М. Янголь // Бюллетень научно-технической информации. – К.: УкрНИИГиМ, 1958, № 4. – С. 14 – 24.
212. Янголь А.М. Нормы дренажного стока для проектирования и эксплуатации закрытого дренажа /А.М. Янголь // Осушение болотных и заболоченных почв. – 1960. – С. 347 – 360.
213. Янголь А.М. Рекомендации по увлажнению осушаемых земель / Ш.И. Брусиловский, К.С. Семенов. – К.: Урожай, 1965. – 88 с.
214. Яцик А.В. Водне господарство в Україні / А.В. Яцик, В.М. Хорєв. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
215. Яцик А.В. Енциклопедія водного господарства, природокористування, природовідтворення, сталого розвитку / А.В. Яцик, В.Я. Шевчук. – К.: Генеза, 2006. – 1000 с.
216. Яцик М.В. Вплив осушувальних меліорацій та довготривалого сільськогосподарського використання на стан торфових ґрунтів західного полісся / М.В. Яцик, Стецюк М.Г., Пугач О.В., Пугач О.П. // Меліорація і водне господарство. – 2008. – № 96. – С. 137 – 147.
217. Яцик М.В. Модернізація внутрішньогосподарської мережі осушувально-зволожувальних систем / М.В. Яцик, Б.І. Чалий // Меліорація і водне господарство. – 2006. – № 93-94. – С. 150 – 154.
218. Яцик М.В. Технічні засоби управління процесами водорегулювання та осушувально-зволожувальних систем / Б.І. Чалий, М.В. Яцик, О.В. Дробот // Меліорація і водне господарство. – 2009. – № 97. – С. 84 – 94.
219. Avanzini G. La percolazione dell'acqua e il drenaggio con tubi di materiale plastico / G. Avanzini. – Genio rurale, 1977. – V. 40, N 9. – P. 39 – 46.
220. Bastienė N. Sausinamos žemės ūkio paskirties žemės vertinimo principai / N. Bastienė, V. Šaulys // Vandens ūkio inžinerija. Mokslo darbai, 2006, 29(49), Vilainiai, 2006. – P. 67 – 74.
221. Boussinesg J. Essai sur la theorie des caux contrantes / J. Boussinesg. – Paris, 1877.
222. Darsy H. Les fontaines publiques de la ville de Dijon / H. Darsy. – Paris, 1856.

– 647 p.

223. Dirse A. Priemdio dirvozemiy dzenazo parindiniu parametru patikslinimas / Dirse A., Kusta A., Tumas R. – Mokso darbu rinkinial UZŪA. Kaunas – Noreikiskes, 1976. – S. 73 – 74.

224. Dupuit J. Etudes teoretiques et pratiques sur le mouvement des eaux / J. Dupuit. – Paris, Dunod, 1863. – 304 p.

225. Glover R.E. Use of mathematical models in drainage design / Glover R.E. – Trans. Asae, 1966. – P. 210 – 212.

226. Guyon G. Le drainage des „nappes perchees”. Bull Techn du „Genie Rural”, 1970. – № 102.

227. Irrigation and Drainage: Managing Water for Sustainable Agriculture // The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage. – John Wiley & Sons, Ltd., 2007. – Vol. 56, Supplement 1. – 258 p.

228. Kirkham D. Potential flow into circumferential openings in drain tube / D. Kirkham. – Applied Physics, 1950. – V. 21, N 7. – P. 655 – 660.

229. Managing Water for Sustainable Agriculture // ICID Journal. – 2000. – Vol. 49, № 3. – 112 p.

230. Mc Clenaghar R.-J. Drainage layouts. – Agriculture in Northern Ireland, 1973. – V. 48, N 1. – P. 5 – 8.

231. Monke E.J. Field-study of subsurface drainage on a slowly permeable soil / Monke E.J., Huggins L.E., Galloway H.M., Foster G.R. – Winter meeting ASAE, 1966. – N 66. – 705 p.

232. Ollier C. Quond les chiffres parlent du drainage / C. Ollier. – Gĳnie rural, 1977. – N 31. – P. 5 – 10.

233. Rimidis A. Filtruojančiujų medžiagų efektyvumas rekonstruoto drenažo sistemose / A. Rimidis // Vandens ūkio inžinerija: Mokslo darbai. – LŽŪU-LVŪI, 1997. – № 3(25) – P. 67 – 76.

234. Rothe I. Die Strangentfernung bei Drĳnungen / I. Rothe. – Landwirtschaftliche Jahrbųcher, 1924. – Bd. 59, H. 3. – S. 453 – 490.

235. Sapsai G. Hydrothermal regime of drained turf-podzol soils of Western Polissia of Ukraine / G. Sapsai, L. Badynsky // Zwiastun Pacstwowa Wyĳsza Szkoia Zawodowa w Cheime. – 2010. – P. 57 – 66.

236. Schilfgaarde J.-Van. Drainage for agriculture / Schilfgaarde J.-Van. – Wisconsin, USA: Publ. Madison, 1974. – 700 p.

237. Schuch M., Jordan F. Die Meliorations und Drĳnversuche in Ottenhofen und Ellingen – Ergebnisse im Abflussjahr 1973. – Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 1975. – Jg. 52, Nr. 6. – S. 713 – 733.

238. Sine L. Le dimensionnement rationnel d’un reseau du drainage agricole / L. Sine. – Annales de Gembloux, 1965. – V. 71, N 2. – P. 117 – 140.

239. Survilaitė O. Regulių upelių (grių) apaugimo sumedėjusia augalija tyrimai pietryčių ietuvoje / O. Survilaitė, V. Šaulys // Vandens ūkio inžinerija: Mokslo darbai. – Vilainiai, 2006. – № 29(49). – P. 50 – 56.

240. Thirriot C. Formule de drainage dans les sols a fort effet capilire. – Water in Heavy Soils, Proc. Intern. Symp., Bratislava, 1976, v. 2. – P. 143 – 157.

241. Visser W.C. Hydrological basis of field drainage design. – Hydrological and

Technical Problems of Land Drainage, Proc. Symp. with international participation, Praga, 1965. – P. 193 – 220.

242. Youngs E.G. The effect of the depth of an impermeable barrier on water-table heights in drained homogeneous soils. – J. Hydrol., 1975, v. 24, N 3/4. – P. 283 – 291.

Наукове видання

*Сапсай Григорій Іванович
Бадинський Леонід Олексійович*

ГІДРОЛОГІЧНА ДІЯ ЗАКРИТОГО ДРЕНАЖУ

Монографія

В авторській редакції
Формат 70*100 1/16. Папір офсетний.
Друк цифровий.
Гарнітура Times New Roman. Умовн.
друк. арк. 9,5.
Наклад 100 прим.

Івано-Франківськ,
Височана, 18, Видавництво «НАІР»
тел. 0504336793

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виробників і розповсюджувачів видавничої продукції № 4191 від 12.11.2011 р.