



ГІДРОТЕХНІЧНІ МЕЛІОРАЦІЇ

УДК 631/635 (043.3)

<https://doi.org/10.31713/vt420181>

Турченко В. О., д.т.н., доцент, Рокочинський А. М., д.т.н., професор, Волк П. П., к.т.н., доцент, Приходько Н. В., к.т.н., ст. викладач, Ричко Д. М., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

КОМПЛЕКС ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Розроблено комплекс режимних, технологічних та технічних заходів, направлених на підвищення загальної ефективності функціонування рисових зрошувальних систем (РЗС) у відповідності до сучасних економічних й екологічних вимог. Обґрунтовано можливість та доцільність повторного використання дренажно-скидних вод рисових систем за умови їх розбавлення прісною водою. Для посилення дренажності карт-чеків на РЗС і забезпечення рівномірності фільтрації й промивки по їх площі та профілю обґрунтовано доцільність запровадження глибокого розпушення ґрунту. Для запобігання перезволоженню ґрунтів вздовж зрошувальних каналів удосконалено конструкцію карт-чеків шляхом улаштування додаткових внутрікартових закритих дренаж-колекторів між існуючими відкритими дренажно-скидними каналами, а також ловчої дрени вздовж зрошувального каналу. Розроблено заходи захисту дренажно-скидних каналів від деформацій русла.

Ключові слова: рисова зрошувальна система, ефективність функціонування, карта-чек, дренажно-скидні води, дренажність.

Вступ. Рисові системи займають особливе місце в активі зрошуваних земель України. Ці унікальні за конструкцією та досить складні інженерні споруди при їх удосконаленні і належній експлуатації гарантують високі і стабільні об'єми виробництва сільськогосподарської продукції, насамперед провідної культури рису, як цінного харчового продукту.

Проектування, будівництво, експлуатація рисових зрошувальних систем (РЗС) України та вирощування рису на початковому етапі становлення галузі базувалося на науково-практичному досвіді, накопиченому у Краснодарському краї з впровадженням режиму зрошення рису, який передбачає створення шару води на поверхні ри-

сових чеків (поверхневий полив затопленням) як таким, що забезпечує необхідний промивний режим засолених ґрунтів.

Для підвищення економічної ефективності виробництва рису важливе значення має освоєння високопродуктивних ресурсозберігаючих технологій вирощування рису, проведення реконструкції існуючих систем направленої на вдосконалення параметрів зрошувальної та дренажно-скидної мереж.

Огляд літератури. Різні аспекти від режимних, технологічних, технічних до еколого-економічних розглядалися в численних публікаціях відповідних фахівців різного профілю. Так питання ефективного використання водних ресурсів при вирощуванні рису в умовах дефіциту води та необхідності управління зрошувальною водою для підвищення продуктивності рисівництва розглядаються в роботах [1–3]. Визначенню оптимальних параметрів зрошувальних каналів рисової системи, які забезпечили б мінімальні втрати зрошувальної води присвячена робота [4; 5; 6].

В умовах, що склалися, враховуючи сучасний, в цілому незадовільний технічний стан РЗС постає за необхідне розробка комплексу конструктивно-технологічних заходів для їх реконструкції, що направлена на підвищення загальної технологічної, екологічної, економічної й технічної ефективності їх функціонування та забезпечення задовільного еколого-меліоративного стану зрошуваних земель.

Результати досліджень. За минулий період розвитку зрошувальних меліорацій головна увага приділялась переважно питанням підвищення врожайності сільськогосподарських культур, раціональному використанню земельних, водних й інших ресурсів, охороні доквілля. Поряд з цими питаннями, актуальності набувають питання розробки комплексу заходів з проведення реконструкції існуючих рисових систем. За більш як піввіковий період функціонування їх технічний й еколого-меліоративний стан істотно погіршився.

За результатами власних досліджень та аналізу досліджень інших науковців для РЗС дельти Дунаю [5-8] запропоновано комплекс режимних, технологічних та конструктивних рішень з підвищення ефективності їх функціонування, який включає:

- запровадження ресурсозберігаючих режимів зрошення рису;
- повторне використання дренажно-скидних вод (ДСВ), як складової екологічно-безпечної технології вирощування рису;
- промивку засолених ґрунтів на фоні глибокого розпушення;
- удосконалення конструкції рисових систем та інтенсифікацію роботи дренажу;



– захист дренажно-схидних каналів від деформацій русла.

Режимно-технологічні заходи передбачають запровадження розробленого й обґрунтованого ресурсозберігаючого режиму зрошення рису (рис. 1), що забезпечує більш сприятливі умови вирощування та отримання врожайності рису на рівні 7...10 т/га і вище з дотриманням при цьому вимог ресурсо- та енергозбереження.

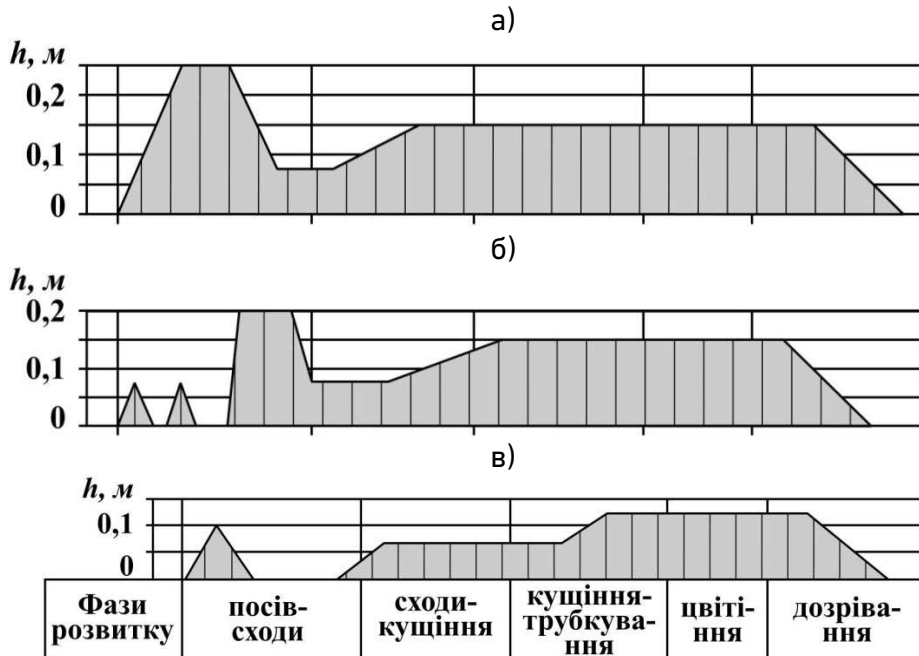


Рис. 1. Схема реалізації основних режимів зрошення при поверхневому затопленні за фазами розвитку рису: а – режим постійного затоплення; б – режим скороченого затоплення; в – ресурсозберігаючий режим

При даному режимі зрошення зрошувальна норма стабілізується на рівні 15...18 тис. м³/га, обсяг ДСВ за межі РЗС зменшується з 10...15 тис. м³/га до 2...3 тис. м³/га. За межі РЗС видаляються лише ті дренажні води, які не містять залишків пестицидів, не чинять токсичної дії на навколишнє середовище і за своїм складом відповідають вимогам як «нормативно чисті».

Порівняння визначених усереднених значень основних складових технологічних елементів водоподачі і водовідведення (глибина шару затоплення, h , м; зрошувальна норма рису брутто, $M_{бр}$, тис. м³/га; затрати води на технологічні скиди, S , тис. м³/га; затрати води на створення проточності, S_n , тис. м³/га) при реалізації виділених режимів зрошення рису при поверхневому поливі затопленням представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Усереднені параметри основних показників водокористування щодо визначених режимів зрошення рису

Режими зрошення рису	Показники водокористування			
	$h, \text{ м}$	$M_{бр}, \text{ тис. м}^3/\text{га}$	$S, \text{ тис. м}^3/\text{га}$	$S_{п}, \text{ тис. м}^3/\text{га}$
Постійне затоплення	0,25	23,5	2,5	1,2
Скорочене затоплення	0,20	20,0	2,0	1,2
Ресурсозберігаючий режим	0,10	15,0	1,0	-

Основою розробленої технології зрошення рису є послідовність таких операцій: поле затоплюється відразу після сівби рису, розрив у часі між внесенням добрив, сівбою та затопленням не повинен перевищувати 2-3 доби; кожен чек рисової карти повинен затоплюватися не довше ніж 20-24 год, а карта в цілому – 2-3 доби. Швидке затоплення попереджує підвищення рівня залягання слабо- і середньомінералізованих, прохолодних підґрунтових вод у зону розвитку кореневої системи рису. Гідромодуль затоплення повинен складати 30...50 л/с·га, що відповідає режиму максимальної водоподачі, при глибині шару водив чеках 8...10 см.

Повторне використання ДСВ для зрошення рису та супутніх культур дає можливість вирішити іншу гостру проблему, пов'язану з необхідністю технологічного скиду ДСВ з рисової системи. Об'єм скиду становить 30...70% від об'єму водозабору на зрошення. Мінералізація ДСВ невисока і знаходиться в межах від 0,5 до 3...5 г/л. Водночас, ДСВ можуть бути важливим фактором збільшення площі зрошуваних земель без зміни водозабору із джерел зрошення та зниження споживання води на зрошення рису та супутніх культур.

Як показує практика, для більшості рисових систем використання ДСВ на полив в перші роки їх експлуатації не є можливим [8]. Це пояснюється значною мінералізацією ДСВ і поганими їх якісними показниками, оскільки у початковий період експлуатації систем процес розсолення проходить найбільш інтенсивно. Після кількох років правильної, в меліоративному і агротехнічному відношенні, експлуатації рисової системи на ній настає відносно стійка рівновага між кількістю солей, які надходять в балансний шар ґрунту і тими, які вилучаються з ДСВ. У цей період експлуатації системи, ДСВ можна використовувати для зрошення як змішуючи з прісною водою в різних співвідношеннях, так і без розбавлення.

Особливістю Придунайських РЗС є те, що вони знаходяться на обвалованих територіях і на них подача води на зрошення з річки Дунай та відведення ДСВ за межі кожної з рисових систем здійснюється насосними станціями (рис. 2, а). Тому для подачі води на зрошення і для відведення ДСВ щорічно витрачаються значні енергоресурси.

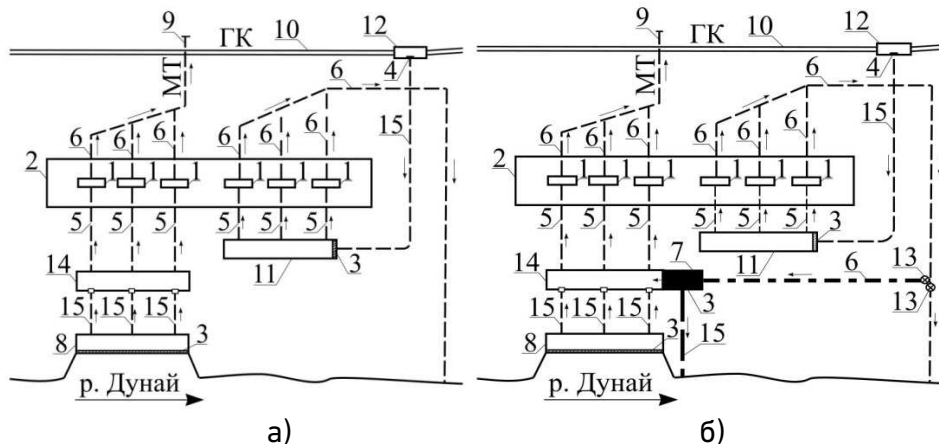


Рис. 2. Схеми подачі та відведення води на ПРЗС: а – існуюча; б – запропонована, 1 – насос; 2 – насосна станція; 3 – сміттєзатримуюча решітка; 4 – шлюз; 5 – всмоктуючий трубопровід; 6 – напірний трубопровід; 7 – басейн для подачі ДСВ на зрошення; 8 – водозабір для прісної води; 9 – магістральний трубопровід; 10 – головний скидний канал; 11 – водозабір ДСВ; 12 – басейн для накопичення ДСВ; 13 – засувка; 14 – аванкамера; 15 – низьконапірний трубопровід

Враховуючи, що для зрошення можна використовувати прісні води, змішані з ДСВ у співвідношеннях від 1:1 до 1:2, може бути запропонована схема подачі та відводу води для кожного з модулів Придунайських РЗС [9], яка дозволить суттєво економити енергоресурси (рис. 2, б). При такій схемі ДСВ по напірному трубопроводу (6) подаються в басейн (7), з якого переливаючись потрапляють в аванкамеру (14) і після цього подаються на зрошення.

Реконструкція водозабірної вузла при запропонованій схемі потребує мінімальних затрат, пов'язаних з улаштуванням басейну для змішування ДСВ з прісною дунайською водою (7) та короткої ділянки напірного трубопроводу.

Завдяки використанню ДСВ на зрошення рису, по-перше, зменшується забруднення джерел зрошення біогенними елементами та залишками гербіцидів та інсектицидів, що повністю не розклались, по-друге, відпадає необхідність у перекачуванні значної кількості

прісної води для поливів рису і супутніх культур, завдяки чому досягається економія прісної води та електроенергії. Економія електроенергії на Кілійській РЗС за рахунок використання ДСВ може становити до 700 тис. кВт. годин.

На Кілійській РЗС були проведені польові дослідження щодо використання ДСВ підвищеної мінералізації для зрошення рису і супутніх культур на супіщаних ґрунтах, їх впливу на врожайність вирощуваних культур та процес розсолення ґрунту. Зрошення рису в дослідіах проводили затопленням, а супутніх культур – поливом по смугах.

Дослідження показали:

– найбільш солестійкими культурами виявились рис, кукурудза і суданська трава. Зниження врожайності цих культур при зрошенні водами з мінералізацією до 2 г/л, в порівнянні зі зрошенням прісними водами, не перевищувало 18,4%, а збільшення засоленості ґрунту при цьому було незначним;

– ячмінь та люцерна виявились більш сприйнятливими до якості зрошувальної води, оскільки вже при її мінералізації 1 г/л зниження врожайності цих культур досягало 29,4 та 23,2% відповідно.

Узагальнені результати відповідних досліджень подані у табличній формі (табл. 2).

Таблиця 2

Узагальнені результати дослідження використання ДСВ різної мінералізації для зрошення культур рисової сівозміни на супіщаних ґрунтах

Культура та її зрошувальна норма	Мінералізація зрошувальної води, г/л	Засолення ґрунту, %			Врожайність, ц/га	Зниження врожайності, %
		до посіву	після збирання врожаю	зміна засолення		
рис, 17500 м ³ /га	прісна	0,160	0,03	-83,1	47,0	-
	1,0	0,200	0,059	-70,5	45,3	3,6
	2,0	0,580	0,195	-67,3	42,0	10,7
	3,0	0,520	0,213	-59,6	38,7	17,7
люцерна (зелена маса), 2000 м ³ /га	прісна	0,270	0,267	-1,5	297,6	-
	1,0	0,267	0,284	+5,2	228,6	23,2
	3,0	0,250	0,304	+12,6	216,9	27,0
	5,0	0,270	0,362	+34,2	210,6	29,2



продовження табл. 2

кукурудза на силос, 1500 м ³ /га	прісна	0,200	0,216	+6,4	436,0	-
	1,0	0,203	0,231	+13,7	431,6	1,3
	2,0	0,201	0,240	+15,4	356,0	18,4
	3,0	0,200	0,236	+16,2	337,0	23,0
	5,0	0,203	0,311	+52,0	96,0	79,0
кукурудза на зерно, 1500 м ³ /га	прісна	0,210	0,234	+11,4	43,5	-
	3,0	0,205	0,240	+17,2	39,6	8,3
	прісна	0,180	0,167	-7,2	21,9	-
ячмінь, 1700 м ³ /га	1,0	0,167	0,142	-15,0	15,5	29,4
	2,0	0,136	0,162	+16,0	15,6	28,8
	3,0	0,192	0,195	+1,5	15,5	29,4
	5,0	0,169	0,203	+17,0	14,2	35,2
суданська трава (зелена маса), 1000 м ³ /га	прісна	0,170	0,186	+6,0	286,4	-
	3,0	0,170	0,177	+4,0	270,4	5,4

Промивка засоленних ґрунтів. При освоєнні нових територій під рисові системи або після тривалого вирощування супутніх культур може виникнути необхідність у інтенсивній промивці засоленних земель.

На важких слабоводопроникних ґрунтах рисових систем доцільно застосовувати спосіб промивання, який включає проведення попереднього глибокого розпушення ґрунту.

Запропонований спосіб промивання засоленних ґрунтів рисових зрошувальних систем направлений на підвищення дренажності карт-чеків (КЧД), рівномірного та на достатню глибину опріснення ґрунтів рисового поля, інтенсифікацію процесу їх осушення у міжпливний період, створення сприятливих умов для проходження окисно-відновлювальних процесів, покращення родючості ґрунтів та, в кінцевому результаті, підвищення врожайності рису та інших культур сівозміни.

Спосіб реалізується наступним чином. В осінньо-зимовий період на полях, які будуть в наступному вегетаційному році зайняті культурою затоплюваного рису, проводиться глибоке розпушення ґрунту на глибину 0,6-0,7 м за допомогою відповідних засобів. Після посіву рису на дані поля в форсованому режимі через зрошувачі-скиди подається вода для створення відповідного шару води. Просочуючись через розпушений ґрунт вода вимиває з нього легкорозчинні

солі.

Глибоке розпушення сприяє рівномірному дренаванню по площі рисової карти зі швидкостями, необхідними для винесення легко-розчинних солей з активного шару ґрунту та переміщення їх у нижче розташовані шари, покращення його кисневого режиму, а в після-поливний осінній період – швидкому пониженню рівня ґрунтових вод (РГВ) для прискореного проведення збирання врожаю та проведення осіннього обробітку ґрунту.

В період початкового затоплення і в період осінньої просушки чеків дренажні насосні станції працюють в режимі відкачки. В решту періоду вони не працюють, а дренажні канали знаходяться в підпертому режимі.

Удосконалення конструкції дренажно-скидної мережі. Дренажно-скидна мережа РЗС є головним чинником інтенсифікації її роботи. Часто вона неспроможна за своїми конструктивними особливостями і параметрами забезпечувати створення сприятливої природно-меліоративної обстановки на рисових полях.

Незабезпечення дренажною мережею необхідної норми осушення у міжполивний період є однією з головних причин виникнення негативних процесів у ґрунтах рисових систем, зниження родючості ґрунту та врожайності рису. В умовах недостатньої дренаваності значно збільшується водонасиченість ґрунтів зони аерації, що негативно впливає на перебіг ґрунтових процесів і, відповідно, ефективність культури рису.

Створення сприятливих умов для протікання окисно-відновлювальних процесів у ґрунтах РЗС, покращення їх родючості можна досягти проведенням реконструкції дренажно-скидної мережі.

Така реконструкція повинна передбачати зменшення міждренних відстаней між відкритими дренажно-скидними каналами та проведення агро-меліоративних заходів.

Зменшити відстані між відкритими дренажно-скидними каналами можна шляхом доповнення дренажної мережі поодинокими закритими дренами-колекторами (рис. 3). Глибина закладання таких дрен-колекторів, виходячи із необхідної норми осушення в міжполивний період, повинна становити не менше 2 м. Розрахунки динаміки зниження РГВ на картах-чеках за умови проведення часткової реконструкції дренажної мережі вирішує цілу низку проблем, а саме інтенсифікує процес осушення рисових полів у післяполивний період, забезпечує більш рівномірну дренаваність чеків, особливо в їх центральній частині. Зниження РГВ до глибини 1,5 м відбувається значно швидше і становить для КЧД 20-50 діб, а це практично у 2...3 рази пришвидшує процес осушення рисового поля (рис. 4).

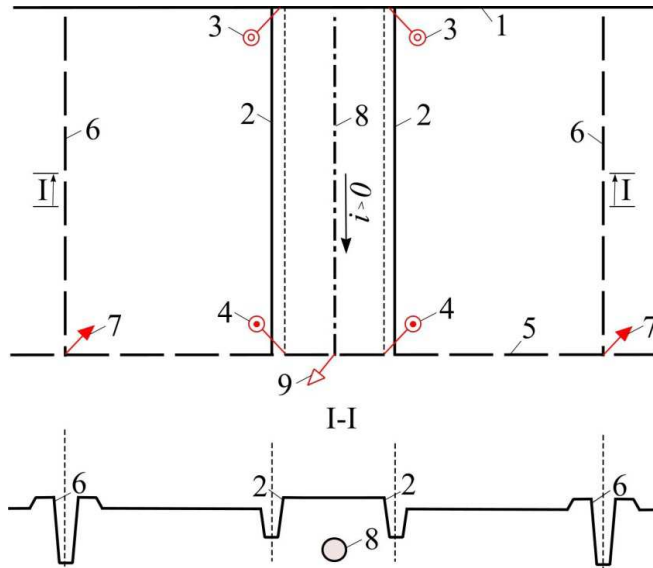


Рис. 3. Карта-чек широкого фронту затоплення дооснащена закритою дренаю колектором: 1 – розподільчий зрошувальний канал, 2 – зрошувач-скид, 3 – водовипуск в зрошувач-скид, 4 – водовипуск із зрошувача-скиду. 5 – груповий скидний канал, 6 – картова дрена відкритого типу, 7 – підпірна споруда, 8 – закрыта дрена-колектор, 9 – регулююча споруда

Удосконалення конструкції дренажно-скидної мережі продовжує, таким чином, період із сприятливим стоянням РГВ в міжполивний період на 30-60 діб, довівши його загальну тривалість до 200-220 діб. Упродовж такого періоду відбувається повне окислення всіх відновлених токсичних продуктів до початку нового поливного сезону.

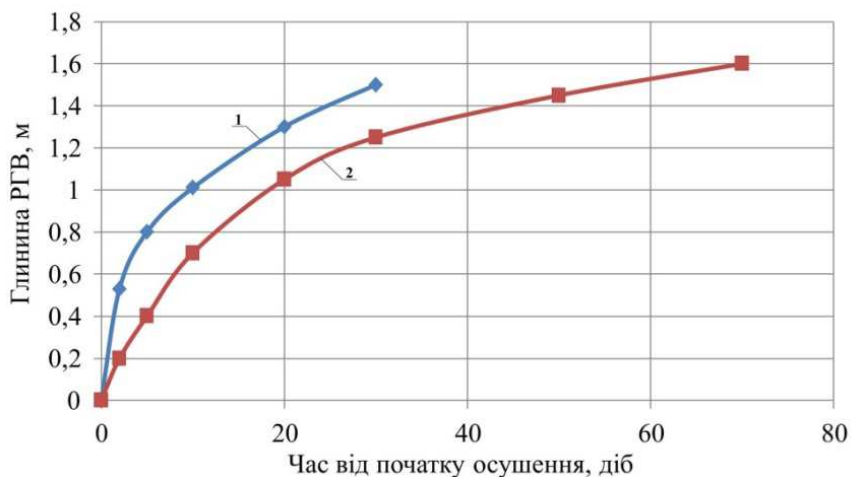


Рис. 4. Динаміка зниження РГВ на міждренній при дооснащенні рисової карти дренаю-колектором після скиду води: 1 – $V=100$ м, 2 – $V=200$ м

Запропонована конструкція поливної карти-чека дасть можливість провести реконструкцію існуючих рисових систем з незначними капіталовкладеннями, оскільки не вимагає влаштування систематичного дренажу, значно підвищить ефективність внутрішньо-картової дренажної мережі, та дасть можливість управління процесом дренажу у різні фази розвитку сільськогосподарських культур та у між-поливний період.

Одним із недоліків карт-чеків широкого фронту затоплення є значні фільтраційні втрати води із розподільчих зрошувальних каналів виконаних в земляному руслі в напіввиїмці напівнасыпу. Через великі фільтраційні втрати відбувається підйом мінералізованих ґрунтових вод на рисових чеках і відповідно погіршення їх меліоративного стану.

Для перехоплювання фільтраційного ґрунтового потоку від розподільчих зрошувальних каналів на карті-чеку рисової системи пропонується влаштування ловчої закритої дрени, яка приєднується з однієї сторони до картового дренажно-скидного каналу, з іншого, до закритої дрени-колектора (рис. 5).

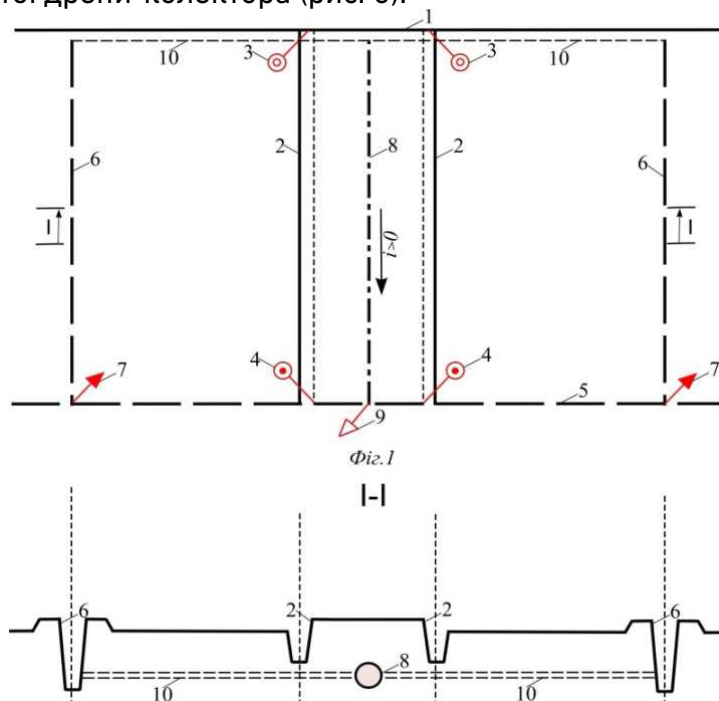


Рис. 5. Карта-чек широкого фронту затоплення дооснащена закритою дренаю колектором та ловчою дренаю: 1 – розподільчий зрошувальний канал, 2 – зрошувач скид, 3 – водовипуск в зрошувач-скид, 4 – водовипуск із зрошувача-скиду, 5 – груповий скидний канал, 6 – картова дрена відкритого типу, 7 – підпірна споруда, 8 – закрыта дрена-колектор, 9 – регулююча споруда, 10 – ловча дрена

Ловча дрена дозволяє перехопити ґрунтовий фільтраційний потік і не допустити виклинювання на поверхню чеку мінералізованих ґрунтових вод.

Захист дренажно-скидних каналів від деформацій їхнього русла. Складні гідрогеологічні і геологічні умови, в яких побудована більшість рисових систем, є причиною деформаційних явищ каналів дренажно-скидної мережі, що призводить до руйнування відкосів та негативно відбивається на їх дренавальних функціях. У процесі експлуатації форма поперечного перерізу більшості каналів поступово змінюється від трапецієвидної до форми природнього русла (рис. 6).

Поперечний переріз картового скиду С-74 системи каналу Р-2
Кілійської рисової зрошувальної системи (важкий супісок)

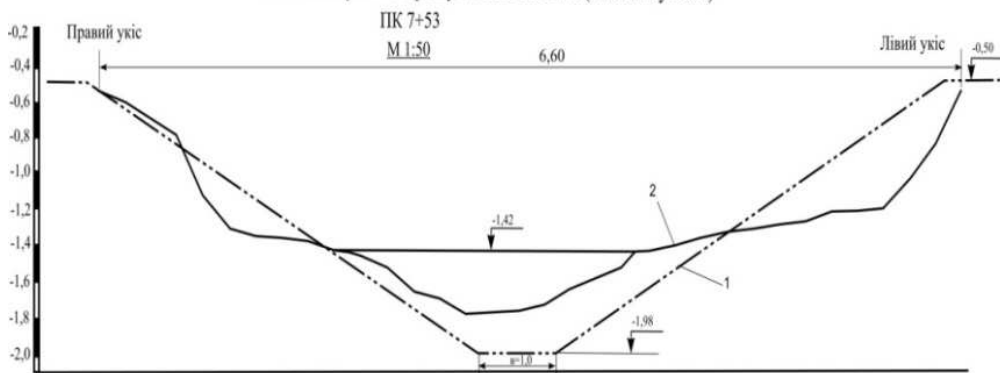


Рис. 6. Поперечний переріз дренажно-скидного каналу

Дослідження роботи дренажно-скидних каналів показали, що їх стан залежить від геотехнічних особливостей ґрунтів ложа каналів. Найменші деформації спостерігались на каналах, які прокладені в важких ґрунтах і однорідних за глибиною. Стан каналів, які проходять по легких ґрунтах (пилуватий пісок, супіски, легкий суглинок) і неоднорідних за літологією переважно незадовільний із-за значних деформацій відкосів та руйнування русла каналу. Найбільш нестійкою є зона виклинювання фільтраційного потоку і зона капілярного підняття. В цих зонах відбувається найбільше виположування відкосу, а в верхній його частині на границі з зоною сухого відкосу утворюються обриви.

Зменшення градієнтів напору, обумовлених різницею рівнів води в чеку і дренажних каналах, зменшує як фільтраційні втрати, так відіграє велику роль в забезпеченні стійкості русла дренажно-скидних каналів. При підпертому рівні води в каналі похил депресійної кривої значно зменшується. Практична реалізація управління рівнями води в дренажно-скидних каналах рисових систем надто

складна і не завжди прийнятна.

Більш дієвим захистом дренажно-скидних каналів від деформаційних процесів є влаштування поряд з відкритим дренажно-скидним каналом, так званої, приукісної дрени, яка перерозподілить фільтраційний потік та зменшить напір ґрунтових вод на відкід (рис. 7).

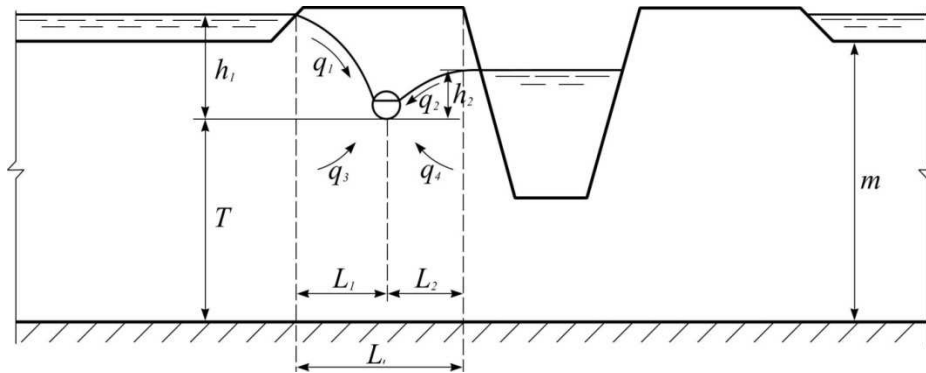


Рис. 7. Схема для розрахунку приукісного дренажу гідромеханічним методом

У практиці такого захисту каналів від деформацій важливими є параметри приукісної дрени, серед яких місце розташування дрени в укосі l_d , глибина закладання дрени h_d , діаметр дрени d_d , поглинальна здатність q_d .

Діаметр дрени, як правило, приймається $d_d=100$ мм та перевіряється гідравлічними розрахунками.

Планове розташування її в укосах осушувальних каналів обґрунтовано дослідженнями, проведеними Б.І. Харченком та Г.О. Кірічком [12], згідно з якими $l_d=2,0 \times H_k$, (H_k – глибина каналу, м).

Глибину закладання дрени всі дослідники з цієї проблеми приймали практично конструктивно, враховуючи умови роботи приукісної дрени та технологічні особливості її улаштування.

Оптимальну глибину закладання приукісних дрен встановлено за зміною величини фільтраційного притоку води до дрени при зміні глибини її закладання, побудувавши графік залежності $q_d=f(h_d)$. Для умов Придунайських РЗС такою глибиною є глибина 1,3-1,4 м.

Глибоке розпушення ґрунтів рисових систем. Досвід експлуатації РЗС показав, що природно-меліоративний стан земель визначається ступенем промивності ґрунтів рисових поливних карт та надійною роботою всіх елементів зрошувальної і дренажно-скидної мережі. Задача дренажу рисової системи як єдиного засобу регулю-

вання їх водного і сольового режимів – це розсолення ґрунтів протягом періоду вирощування рису, створення оптимальних швидкостей фільтрації води в ґрунті в продовж усього вегетаційного періоду та забезпечення швидкого просушування чеків в після поливний період.

При низькій водопроникності ґрунтів площа розсолюючої дії дренажу становить до 50% площі рисової карти КЧД і 20...25% площі карти краснодарського типу. Розсолення ґрунтів відбувається лише в короткий проміжок часу – період після скиду води з чеку і пониження РГВ (кінець вересня – початок листопада). На чеках під супутніми культурами, як показали дослідження, навпаки відбувається реставрація засолення. Тому для підвищення врожайності рису, створення сприятливих умов для протікання окисно-відновних процесів та ліквідації передумов для вторинного засолення ґрунтів необхідно збільшувати інфільтрацію під рисовим полем та забезпечувати рівномірність її розподілу по всій поверхні рисової карти. В той же час, як показали дослідження, досягти рівномірного дренажу по всій площі рисового поля при існуючих конструкціях рисових карт та параметрах дренажу не можливо.

Стосовно ґрунтів рисових систем, проблема збільшення водопроникності верхніх шарів ґрунту є особливо актуальною, оскільки в результаті тривалого перезволоження водно-фізичні властивості їх настільки погіршились, що останні стали своєрідним водоупором для шару води на поверхні рисового поля.

Одним із способів підвищення водопроникності важких ґрунтів та дренажності рисових поливних карт, що експлуатуються в умовах тривалого перезволоження, може стати їх глибоке розпушення (рис. 8).

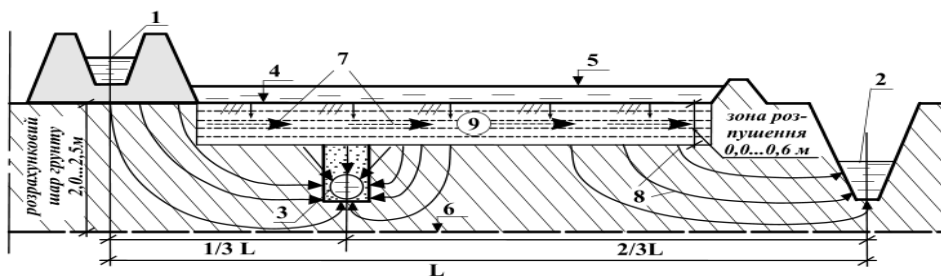


Рис. 8. Схема проведення глибокого розпушенням рисової карти-чека

Глибоке розпушення ґрунтів, в першу чергу, впливає на їхню структуру, а отже, на їхню щільність, шпаруватість і твердість, а за тим опосередковано через них, на водно-фізичні властивості, водний, повітряний, тепловий та ін. режими ґрунтів. Все це відбувається

на проростанні насіння, інтенсивності росту кореневої системи, на розвитку рослин і на їх урожайності.

Глибоке розпушення для покращення дренажності РЗС необхідно проводити у відносно слабководонепроникних ґрунтах, коефіцієнт фільтрації підорних горизонтів яких на глибині 0,3...0,4 м менший ніж 0,3 м/добу.

На РЗС глибоке розпушення найкраще проводити під люцерною в рисовій сівозміні, або на полях зайнятих супутніми культурами після їх збирання. Одночасно з глибоким розпушенням рекомендується вносити добрива та хімічні меліоранти, що стабілізують і поліпшують агрохімічні властивості ґрунту. Найбільш вивченими і доступними для застосування в якості хімічних меліорантів є вапнякові матеріали усіх видів. Внесення вапнякових матеріалів ефективно на кислих ґрунтах. Дозу їх внесення визначають за повною гідролітичною кислотністю з урахуванням потужності шару ґрунту, куди вони будуть вноситися. Внесення вапна в орні шари знижує кислотність ґрунтів, значно покращує їх агрохімічні властивості, сприяє збільшенню у 2-3 рази суми поглинутих основ.

До основних параметрів глибокого розпушення відносяться: глибина розпушення; інтервали розпушення; відстань між смугами розпушення; повнота розпушення.

Глибина розпушення залежить від глибини залягання і потужності слабководонепроникних ґрунтових горизонтів. Як правило вона становить не більше 0,6...0,7 м.

На ґрунтах з водотривкими прошарками розміщених на слабодренуваних рівнинах глибина розпушення може становити 0,5...0,6 м. Встановлено, що збільшення глибини розпушення з 0,4 до 0,6 м, як правило, не впливає на щільність і загальну шпаруватість орного шару ґрунту. В шарі ґрунту 0,25...0,4 м щільність може зменшуватись, а шпаруватість зростати (біля 5% у перший рік і 2...3% – через три роки). Більш значима дія відбувається в шарі 0,4...0,6 м, в якому щільність зменшується до 10%, а загальна шпаруватість зростає на 15...20%.

Глибина розпушення впливає на роботу дренажу. Це проявляється у деякому збільшенні дренажного поверхневого стоку. Найбільший вплив глибина розпушення має у перший рік після його проведення, у подальшому вплив розпушення зменшується.

На ефективність глибокого розпушення впливає конструкція робочого органу. Використання знарядь з пасивними робочими органами потребує великих тягових зусиль. При цьому одним з крите-

ріїв обґрунтування глибини розпушення є також вибір типу трактора-тягача і розпушувача.

Інтервали розпушення (відстань між робочими органами розпушувача) залежать від водно-фізичних властивостей ґрунту і конструкції робочих органів розпушувача. На ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації меншим за 0,1 м/добу відстань між робочими органами повинна бути 0,6...0,8 м. Її можна збільшити до 1...1,2 м при зменшенні щільності підорного горизонту і наявності водопроникних прошарків.

За останні роки проведена значна робота щодо конструювання засобів глибокого розпушення – агроеліоративних глибокорозпушувачів.

У процесі вдосконалення конструкції глибокорозпушувача для використання на рисових чеках було розроблено робочі органи для проведення суцільного розпушення зі зменшеними енергозатратами для ефективного регулювання фільтрації та акумулювання вологи в ґрунті. Такий розпушувач включає раму з розміщеними на ній несучими стояками, на яких закріплені ґрунторозробні органи у вигляді спряження горизонтального ножа з увігнутою жолобоподібною поверхнею (рис. 9). Рама, на якій розміщені стояки має гострий кут атаки 25-30° в напрямку руху розпушувача. Стояки на рамі розміщені з уступом один відносно другого і мають різну величину заглиблення, при цьому лінія їх заглиблення утворює з поверхнею землі кут 25-30°.

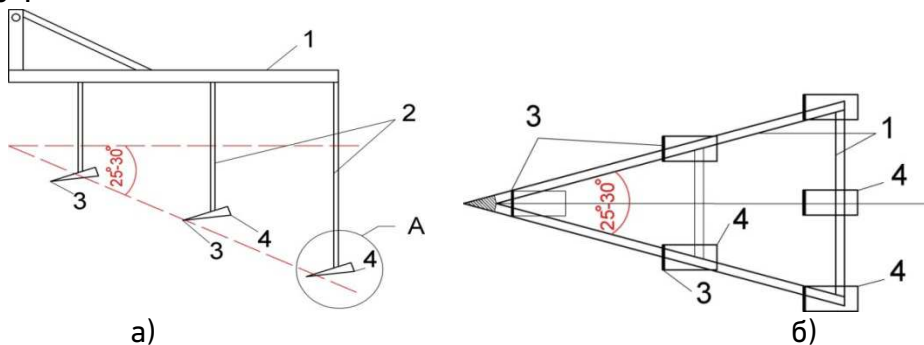


Рис. 9. Багатоярусний розпушувач для підвищення підґрунтової фільтрації : а) – вигляд збоку; б) – вигляд зверху; А – ґрунторозробний елемент; 1 – рама; 2 – стояк; 3 – леміш; 4 – ґрунторозпушувальна поверхня

Зменшення кута атаки робочого органу на ґрунт призводить не тільки до зменшення тягового зусилля, але й до зменшення площі профілю розпушуваного ґрунту. Збільшення кута атаки від наведених значень суттєво збільшує опір ґрунту робочому органу. Кут атаки робочого органу на ґрунт 25-30° як в горизонтальній, так і вертика-

льній площині сприяє рівномірному за якістю розпушенню усього просторового обсягу ґрунту та суттєво зменшує енергозатрати (25...30%) за рахунок зменшення протидії ґрунту робочим елементам розпушувача. При цьому, такий розпушувач може мати до 40% менший питомий опір переміщенню при розпушенні, ніж у традиційних об'ємних розпушувачів.

Для Придунайських РЗС площею 13678 га в Одеській обл. встановлено, що повні затрати на запровадження відповідного комплексу заходів при проведенні їх реконструкції будуть становити 70...

90 тис. грн/га, а термін їх окупності буде становити 9-12 років.

Висновки. Розроблено комплекс режимних, технологічних та технічних заходів, направлених на підвищення загальної ефективності функціонування РЗС, який включає заходи, що направлені на підвищення дренаваності й рівномірної фільтрації по площі та профілю карт-чеків, повторне використання ДСВ, як складової екологічно-безпечної технології вирощування рису, промивку засолених ґрунтів на фоні глибокого розпушення, удосконалення конструкції рисових систем та інтенсифікацію роботи дренажу, захист дренажно-скидних каналів від деформацій русла.

Для умов Придунайських РЗС оптимальною часткою рису в сівозміні є $\delta = 50...60\%$, а оптимальною величиною зрошувальної норми рису – $M^0 = 18$ тис. м³/га.

При використанні ДСВ для зрошення рису необхідно проводити їх розбавлення прісною водою у співвідношенні 1:1 та 1:2.

Для посилення дренаваності карт-чеків на РЗС і забезпечення рівномірності фільтрації й промивки по їх площі та профілю необхідно запроваджувати глибоке розпушення ґрунту. Запропонована конструкція розпушувача-оструктурувача забезпечує зниження енергозатрат на 25...30%.

Для посилення дренаваності карт-чеків РЗС та запобігання перезволоженню ґрунтів вздовж зрошувальних каналів пропонується улаштування додаткових внутрікартових закритих дрен-колекторів між існуючими відкритими дренажно-скидними каналами та ловчої дрени вздовж зрошувального каналу.

Для захисту дренажно-скидних каналів від деформацій їх русла пропонується влаштування приукісного дренажу.

1. Using Variable Rate Irrigation to Determine Optimal Irrigation Schedule for Aerobic Rice Production. IA Irrigation Symposium: Emerging Technologies for Sustainable Irrigation - A Tribute to the Career of Terry Howell, Sr. Conference



Proceedings., 2015. **2.** Abikenova, S., Yespolov, T., Rau, A., Kalybekova, Y., and Zhanashev I(2015)?, Water-saving Technology of Rice Irrigation on Kazakstan Rice Systems., Journal : *Biosciences, Biotechnology Research Asia*. V. 12 is. 3., pp. 2459–2465. **3.** Shizhang Peng, Shousheng Li, Goulang Xu, and Zijing Wu (1994), New water consumption pattern of rice under water-saving irrigation, *Irrigation and Drainage Systems*. V. 8 is. 2, pp. 97–108. **4.** Paudyal, G. N., Pandit, D. S., and Goto A. (1991), Optimization of design of on-farm channel network in an irrigation area. *Irrigation and Drainage Systems*, 5, 4, 383–395. **5.** Rokochinskiy A. M., Mendus S., Turchenyk V. Substantiation of evaluation criteria for overall functioning efficiency of Ukrainian Danube rice irrigation systems. *International Journal of New Economics and Social Sciences*. № 1 (3) 2016. P. 154–161. **6.** V. Turchenyuk, N. Frolenkova and A. Rokochynskiy. Environmental and economic foundations of system optimization of operational, technological and construction parameters of rice irrigation systems. *Environmental Economics*, 8(2), P. 76–82. **7.** Заєць В. В. Нормування водо- та енергокористування Придунайських РЗС на еколого-економічних засадах. *Вісник НУВГП. Технічні науки*. 2014. № 2(66). С. 65–71. **8.** Гончаров С. М., Кропивко С.М. Орошение дренажно-сбросными водами Дунайских рисовых систем. *Гидротехника и мелиорация*. 1982. № 9. С. 70–72 ; С. 67–73. **9.** Рисова зрошувальна система з оборотним використанням дренажно-скидних вод: патент 115157 України: МПК (2017.01) А.01G16/00, А.01G 25/16 (2016.01), А.01G27/00, Е.02В 13/00. № U2016 08960; заявл. 22.08.2016; опубл. 10.04.2017 р., Бюл. № 7. 4 с. **10.** Карта-чек рисової системи з закритою дренажно-колектором: патент 104000 України: МПК (2015.01) Е02В 13/00, Е02В 11/00. № 2015 06186; заявл. 23.06.2015; опубл. 12.01.2016 р., Бюл. № 1. 6 с. **12.** Харченко Б. И., Киричок А. Г., Харченко А. Б. Графоаналитический способ анализа устойчивости откосов каналов и их защиты от деформаций. *Мелиорация і водне господарство*. К. : Колос, 1994. Вип. 81. С. 98–102.

REFERENCES:

1. Using Variable Rate Irrigation to Determine Optimal Irrigation Schedule for Aerobic Rice Production. IA Irrigation Symposium: Emerging Technologies for Sustainable Irrigation - A Tribute to the Career of Terry Howell, Sr. Conference Proceedings., 2015. **2.** Abikenova, S., Yespolov, T., Rau, A., Kalybekova, Y., and Zhanashev I(2015)?, Water-saving Technology of Rice Irrigation on Kazakstan Rice Systems., Journal : *Biosciences, Biotechnology Research Asia*. V. 12 is. 3., pp. 2459–2465. **3.** Shizhang Peng, Shousheng Li, Goulang Xu, and Zijing Wu (1994), New water consumption pattern of rice under water-saving irrigation, *Irrigation and Drainage Systems*. V. 8 is. 2, pp. 97–108. **4.** Paudyal, G. N., Pandit, D. S., and Goto A. (1991), Optimization of design of on-farm channel network in an irrigation area. *Irrigation and Drainage Systems*, 5, 4, 383–395. **5.** Rokochinskiy A. M., Mendus S., Turchenyk V. Substantiation of evaluation criteria for overall functioning efficiency of Ukrainian Danube rice irrigation

systems. *International Journal of New Economics and Social Sciences*. № 1 (3) 2016. R. 154–161. **6.** V. Turchenyuk, N. Frolenkova and A. Rokochynskiy. Environmental and economic foundations of system optimization of operational, technological and construction parameters of rice irrigation systems. *Environmental Economics*, 8(2), P. 76–82. **7.** Zaiets V. V. Normuvannia vodo- ta enerhokorystuvannia Prydunaiskykh RZS na ekolooho-ekonomichnykh zasadakh. *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky*. 2014. № 2(66). S. 65–71. **8.** Honcharov S. M., Kropyvko S. M. Oroshenie drenazhno-sbrosnymi vodami Dunaiskikh risovykh sistem. *Hidrotekhnika i melioratsiia*. 1982. № 9. S. 70–72 ; S. 67–73. **9.** Rysova zroshuvalna systema z oborotnym vykorystanniam drenazhno-skydnykh vod: patent 115157 Ukrainy: MPK (2017.01) A.01G16/00, A.01G 25/16 (2016.01), A.01G27/00, E.02V 13/00. № U2016 08960; zaiavl. 22.08.2016; opublik. 10.04.2017 r., Biul. № 7. 4 s. **10.** Karta-chek rysovoi systemy z zakrytoiu drenoi-u-kolektorom: patent 104000 Ukrainy: MPK (2015.01) E02V 13/00, E02V 11/00. № 2015 06186; zaiavl. 23.06.2015; opublik. 12.01.2016 r., Biul. № 1. 6 s. **12.** Kharchenko B. I., Kirichok A. H., Kharchenko A. B. Hrafoanaliticheskii sposob analiza ustoichivosti otkosov kanalov i ikh zashchity ot deformatsii. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. K. : Kolos, 1994. Vyp. 81. S. 98–102.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Turчениук В. О., Doctor of Engineering, Associate Professor, Rokochynskiy A. M., Doctor of Engineering, Professor, Volk P. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Prykhodko N. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Senior Lecture, Rychko D. M., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

COMPLEX OF MEASURES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF FIGURED EXTRACTIVE SYSTEMS

A complex of regime, technological and technical measures aimed at increasing the overall efficiency of the operation of rice irrigation systems (RIS) in accordance with modern economic and ecological requirements was developed. The possibility and expediency of reuse of drainage and drainage waters of rice systems provided that they are diluted with fresh water is substantiated. To increase the drainage of card-checks at the RIS and to ensure the uniformity of filtration and flushing in their area and profile, the feasibility of introducing a deep loosening of soil has been substantiated. To enhance the drainage of



RIS card-checks and to prevent soil re-placement along irrigation channels, the design of card-checks has been improved by arranging additional intracarded closed drain collectors between existing open drainage and drainage channels, as well as catching drains along the irrigation canal. Measures for protecting drainage and drainage channels from channel deformations have been developed.

Keywords: rice irrigation system, efficiency of functioning, card-check, drainage-drainage water, drainage.

Турченко В. А., д.т.н., доцент, Рокочинский А. Н., д.т.н., профессор, Волк П. П., к.т.н., доцент, Приходько Н. В., к.т.н., ст. преподаватель, Рычко Д. М., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

КОМПЛЕКС МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Разработан комплекс режимных, технологических и технических мероприятий, направленных на повышение общей эффективности функционирования рисовых оросительных систем (РОС) в соответствии с современными экономическими и экологическими требованиями. Обоснована возможность и целесообразность повторного использования дренажно-сбросных вод рисовых систем при условии их разбавления пресной водой. Для усиления дренированности карт-чек РОС и обеспечения равномерности фильтрации и промывки по их площади и почвенному профилю обоснована целесообразность проведения глубокого рыхления почвы. С целью предотвращения переувлажнения почв вдоль оросительных каналов усовершенствована конструкция карт-чек путем устройства дополнительных внутрикартовых закрытых дрен-коллекторов между существующими открытыми дренажно-сбросовыми каналами, а также ловчей дрены вдоль оросительного канала. Разработаны меры защиты дренажно-сбросных каналов от деформаций русла.
Ключевые слова: рисовая оросительная система, эффективность функционирования, карта-чек, дренажно-сбросные воды, дренированность.
