

УДК 626.81/84;631.67:633.18

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.2.7>

## ТЕХНІЧНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РИСОВИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

**Морозов В. В.** – кандидат сільськогосподарських наук, професор,  
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-2594-883X

**Морозов О. В.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-5617-0813

**Корнбергер В. Г.** – кандидат сільськогосподарських наук, начальник відділу  
технологій  
Державного підприємства «Дослідне господарство Інституту рису Національної  
академії аграрних наук України»  
ORCID ID: 0000-0003-1909-8290

**Дудченко К. В.** – кандидат сільськогосподарських наук, завідувачка лабораторії  
гідротехніки, меліорації та агро меліоративного моніторингу  
Інституту рису Національної академії аграрних наук України  
ORCID ID: 0000-0001-5567-7690

В статті представлені результати багаторічних досліджень, що спрямовані на технічне вдосконалення та підвищення ефективності рисових зрошувальних систем в Південному регіоні України.

Метою дослідження було визначити технічну, економічну та еколого-меліоративну ефективність в процесі багаторічного функціонування першої в світовій гідромеліоративній науці і практиці рисової зрошувальної системи зі зворотнім циклом водокористування – закритої чекової зрошувальної системи (ЗЧЗС-М) конструкції відомого вітчизняного вченого-гідротехніка, к.т.н. Маковського В.Й.

Актуальною проблемою при вирощуванні рису на півдні України є те, що даний технологічний процес вимагає значних обсягів зрошувальної води. Із значною водоподачою постає питання – великих обсягів непродуктивних технологічних скидів води (які можуть перевищувати 50% водоподачі), а це, в свою чергу, негативно впливає на екологічну ситуацію в регіоні та економічну ефективність РЗС.

Схема функціонування ЗЧЗС-М відрізняється від відомих схем РЗС тим, що з метою зниження капітальних та енергетичних витрат, діляничні та розподільчі трубопроводи, що поєднують функції подачі та скидання води з двох суміжних ділянок, в кінцевих точках об'єднані насосною станцією, а дренажно-колекторна мережа виконує функцію відводу тільки дренажного стоку.

Дослідженнями визначено основні технологічні показники роботи ЗЧЗС-М в експлуатаційний період (виробничий режим): зрошувальні норми рису – 13–14 тис. м<sup>3</sup>/га, супутніх сільськогосподарських культур – 2,4 тис. м<sup>3</sup>/га; дренажний стік – 2,5–3,0 тис. м<sup>3</sup>/га; режим ґрунтових вод у не вегетаційний період – напівгідроморфний, у вегетаційний – гідроморфний, що є характерним для рисових зрошувальних систем із сприятливим еколого-меліоративним станом. ЗЧЗС-М забезпечує зниження рівня ґрунтових вод на початку вегетаційного періоду до глибини 1,8–2,2 м, відносно стабільну мінералізацію ґрунтових вод 2,1–2,6 г/дм<sup>3</sup> і тип їх хімічного складу – сульфатно-гідрокарбонатний, магнієво-натрієвий. Накопичення запасів солей в зоні аерації за період 1990–2021 рр.

не визначено. Загальна засоленість ґрунтів зони аерації не перевищувала 0,2 %, тип засолення ґрунтів хлоридно-сульфатний суттєво не змінився. ЗЧЗС-М забезпечує оперативне управління еколого-меліоративним режимом агроландшафтів, в період чергу, ґрунтів.

В процесі багаторічних виробничих досліджень була відпрацьована технологія функціонування ЗЧЗС-М. Установлений високий рівень технічної, економічної та еколого-меліоративної ефективності ЗЧЗС-М дозволяє рекомендувати її при реконструкції рисових зрошувальних систем на слабодренованих і безстічних землях приморських низовин в Південному регіоні України.

**Ключові слова:** рисові зрошувальні системи, технічне удосконалення, ресурсозбереження, закрита чекова зрошувальна система, ефективність.

### **Morozov V. V., Morozov O. V., Kornberger V. G., Dudchenko K. V. Technical improvement of the design of rice irrigation systems**

The article presents the results of many years of research aimed at technical improvement and efficiency of rice irrigation systems in the Southern region of Ukraine.

The aim of the study was to determine the technical, economic and environmental reclamation efficiency in the long-term operation of the world's first in irrigation science and practice of rice irrigation system with reverse cycle of water use – closed check irrigation system (ZCHZS-M) design of a famous domestic scientist. Makovsky V.Y.

An urgent problem in rice cultivation in the south of Ukraine is that this technological process requires significant amounts of irrigation water. Significant water supply raises the issue of large volumes of unproductive technological discharges of water (which may exceed 50% of water supply), which, in turn, negatively affects the environmental situation in the region and the economic efficiency of the RZS.

The scheme of operation of ZCHZS-M differs from the known schemes of RZS that in order to reduce capital and energy costs, precinct and distribution pipelines, combining the functions of supply and discharge of water from two adjacent areas, are eventually connected by a pumping station and drainage. the collector network performs the function of drainage only.

Research has identified the main technological indicators of ZCHZS-M in the operational period (production mode): irrigation rates of rice – 13–14 thousand m<sup>3</sup>/ha, related crops – 2,4 thousand m<sup>3</sup>/ha; drainage runoff – 2,5–3,0 thousand m<sup>3</sup>/ha; the regime of groundwater in the non-vegetation period is semi-hydromorphic, in the vegetation period it is hydromorphic, which is characteristic of rice irrigation systems with a favorable ecological and reclamation condition. ZCHZS-M provides a reduction in the level of groundwater at the beginning of the growing season to a depth of 1,8–2,2 m, relatively stable mineralization of groundwater 2,1–2,6 g/dm<sup>3</sup> and the type of their chemical composition – sulfate-bicarbonate, magnesium – sodium. The accumulation of salt reserves in the aeration zone for the period 1990–2021 has not been determined. The total salinity of the soils of the aeration zone did not exceed 0,2%, the type of salinity of chloride-sulfate soils did not change significantly. ZCHZS-M provides operational management of ecological and reclamation regime of agrolandscapes, first of all, soils.

In the course of many years of production research, the technology of operation of ZCHZS-M was tested. The established high level of technical, economic and ecological-ameliorative efficiency of ZCHZS-M allows to recommend it at reconstruction of rice irrigation systems on poorly drained and drainless lands of coastal lowlands in the Southern region of Ukraine.

**Key words:** rice irrigation systems, technical improvement, resource saving, closed check irrigation system, efficiency.

**Вступ.** На сьогоднішній день галузь рисосіяння в Україні розвивається шляхом удосконалення технологій вирощування рису, реконструкції і модернізації існуючих рисових зрошувальних систем (РЗС) з метою економії зрошувальної води та енергоресурсів, зменшення обсягів скидних вод, використання дренажно-скидних вод (ДСВ) для зрошення рису та інших супутніх культур, підвищення врожайності цих сільськогосподарських культур, збереження нормативного еколого-меліоративного стану земель. В умовах змін клімату в бік його посушливості рисові зрошувальні системи в Україні повинні стати надійним джерелом одержання високих і стабільних врожаїв рису на рівні кращого світового досвіду.

**Постановка проблеми.** Актуальною проблемою при вирощуванні рису на півдні України є те, що даний технологічний процес вимагає значних обсягів зрошувальної води. Із значною водоподачою постає питання великих обсягів

непродуктивних технологічних скидів води (які можуть перевищувати 50% водоподачі), а це, в свою чергу, негативно впливає на екологічну ситуацію в регіоні та економічну ефективність РЗС.

Аналіз даної проблеми показує, що для ефективного функціонування РЗС необхідна розробка і запровадження комплексу техніко-експлуатаційних завдань та заходів:

- реконструкції внутрішньогосподарської зрошувальної мережі;
- забезпечення РЗС необхідною кількістю водозабірних, водорегулюючих споруд інженерного типу;
- підвищення ККД системи за рахунок застосування різних сучасних типів протифільтраційних покриттів, в тому числі геомембран SOLMAXHDPE з поліетилену високої щільності з метою зменшення витрат води на фільтрацію;
- автоматизація процесу водорозподілу і водорегулювання на РЗС;
- здійснення капітального планування рисових чеків;
- удосконалення системи планування раціонального водокористування, водорозподілу та водовідведення з урахуванням реальної потреби у воді рисосіяючих сільськогосподарських підприємств;
- своєчасне очищення, ремонт зрошувальної мережі і гідротехнічних споруд, підтримка їх у належному технічному стані;
- узгодження роботи міжгосподарських та внутрішньогосподарських каналів, насосних станцій, поливної техніки, що сприяє скороченню скидів зі зрошувальної мережі;
- посилення контролю за використанням зрошувальної води.

Із узагальнення вищенаведених завдань та інженерних заходів витікає, що актуальним нині залишається питання технічного вдосконалення зрошувальних систем, оптимізація водоподачі, водорозподілу та водовідведення з метою раціонального використання водних ресурсів, зменшення непродуктивних скидів за умов ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища.

**Метою дослідження** було визначити технічну, економічну та еколого-меліоративну ефективність в процесі багаторічного функціонування першої в світовій гідромеліоративній науці і практиці рисової зрошувальної системи зі зворотнім циклом водокористування – закритої чекової зрошувальної системи (ЗЧЗС-М) конструкції відомого вітчизняного вченого-гідротехніка, к.т.н. Маковського В.Й.

**Об'єкт досліджень** – процес багаторічного функціонування закритої чекової зрошувальної системи у виробничих умовах Краснознам'янської зрошувальної системи, її вплив на урожайність рису та еколого-меліоративний стан агроландшафту та оточуючого середовища.

**Матеріали та методи досліджень.** Були використані матеріали досліджень проблемної науково-дослідної лабораторії еколого-меліоративного моніторингу агроєкосистем сухостепової зони імені професора Д.Г.Шапошнікова ХДАЕУ, Інституту рису НААН, ДПДГ Інституту рису НААН. Використані методи досліджень: натурний польовий експеримент, спостереження, порівняння, аналіз та узагальнення фактичних даних. Типовість об'єкта досліджень для зони рисосіяння України встановлена методом районування території.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний внесок у розвиток та технічне вдосконалення рисових зрошувальних систем з метою зниження негативного впливу РЗС на навколишнє середовище, підвищення їх технічної, економічної та екологічної ефективності і надійності зробили класики вітчизняної гідромеліоративної науки: Д.Г. Шапошников, Л.В. Скрипчинська, Б.І. Лактіонов,

О.О. Титков, І.С. Жовтоног, А.О. Лимар, та ін. [1, 2, 4]. В сучасних наукових і виробничих дослідженнях та публікаціях А.М. Рокочинського, В.О. Турченко, Г.В. Новікової, Т.М. Кириєнко, А.А. Ванцовського, С.А. Балюка, В.А. Сташука, В.Й. Маковського, Д.П. Хіміч, В.О. Ушкаренка, В.В. Морозова, В.Г. Корнбергера, В.В. Дудченка, Р.А. Вожегової, Л.М. Грановської, С.О. Кольцова, О.В. Морозова, С.Г. Вожегова, Ю.М. Грищенко, С.М. Козишкурта, С.М. Кропивка, П.І. Мендуся, Є.Г. Герасимова, Н.А. Фроленкової, К.В. Дудченко та інших вчених висвітлені різні варіанти вирішення таких актуальних проблем і задач [1–7]:

- вдосконалення конструкцій і параметрів рисових зрошувальних систем;
- розробка і впровадження сучасних ресурсозберігаючих, природоохоронних технологій вирощування рису;
- розробка і впровадження еколого-агроекологічного моніторингу на РЗС;
- раціональне використання зрошувальної води на РЗС;
- підвищення технічної, економічної та екологічної ефективності рисових зрошувальних систем.

В питаннях вдосконалення конструкцій РЗС слід уділити окрему увагу науково-технічним розробкам к.т.н. В.Й.Маковського, а саме:

- розробка та впровадження автоматизованих чекових гідротехнічних споруд, що забезпечують підтримку заданих рівнів води в чеках та знижують технічні витрати води;
- реконструкція рисових зрошувальних систем на закриті чекові системи зі зворотнім використанням дренажно-скидних вод для зрошення сільськогосподарських культур;
- впровадження безгербіцидної технології вирощування рису та інших сільськогосподарських культур сівозміни в умовах закритих чекових систем.

Маковським В.Й. розроблені принципи дії та конструкція першої у світовій гідротехнічній практиці закритої чекової зрошувальної системи (ЗЧЗС-М) зі зворотнім циклом водокористування, яка була побудована в межах землекористування Дослідної станції рису УААН (нині Інститут рису НААН України) у 1989 році на площі 432 га. З 1990 року на ЗЧЗС-М вченими дослідної станції рису УААН та проблемної науково-дослідної лабораторії еколого-меліоративного моніторингу агроєкосистем сухосте пової зони Херсонського сільськогосподарського інституту (нині Херсонський державний аграрно-економічний університет) почав функціонувати комплекс дослідно-виробничих досліджень (керівник досліджень – професор Морозов В.В.), спрямованих на вивчення всіх аспектів роботи цієї принципово нової гідромеліоративної системи, її працездатності, екологічної, економічної та меліоративної ефективності, і в першу чергу, відповідності режиму зрошення на системі біологічним потребам сільськогосподарської культури рису та реалізації сучасних технологій її обробітку й хімічного захисту рослин. Одним з ключових питань даного комплексу досліджень є визначення ефективності функціонування ЗЧЗС-М впродовж багаторічного періоду. В 2021 році виконалось 30 років експлуатації даної гідротехнічної системи. За цей період були накопичені наукові і виробничі дані, які стали основою даної публікації.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Дослідження проведені в умовах закритої чекової зрошувальної системи конструкції В.Й. Маковського, яка складається з карт Кубанського типу з мінімальною кількістю автоматизованих вузлів водорозподілу (рисунок). Вся рисова зрошувальна система закрыта і виконана із залізобетонних труб діаметром 800 мм і азбестоцементних труб діаметром

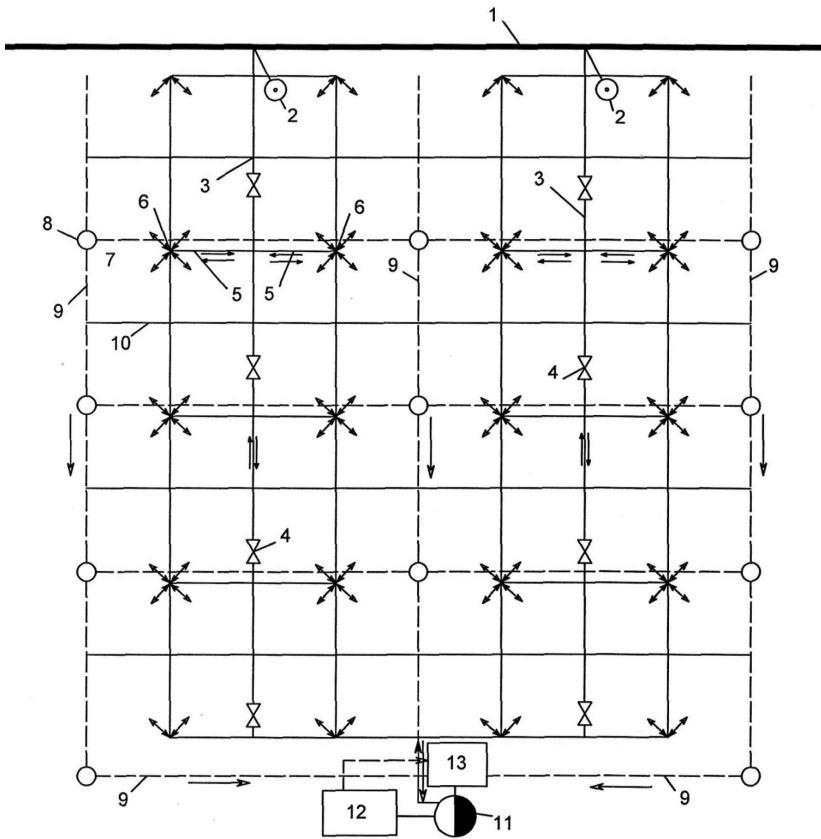


Рисунок. Схема закритої чекової зрошувальної системи конструкції В.І. Маковського зі зворотнім циклом водокористування (ЗЧЗС-М):  
 1, 3 – розподільчий канал; 2, 6 – засувки водовипусків; 4 – дискові засувки; 5 – діляничні зрошувачі; 7 – закрита дренажна мережа;  
 8 – оглядовий колодязь; 9 – закрита колекторно-дренажна мережа;  
 10 – чекові валики; 11 – насосна станція; 12 – ставок детоксикації;  
 13 – буферний ставок.

550 мм за винятком міжгосподарського відкритого каналу Х-13-Р. Польові закриті зрошувачі функціонують в подвійному режимі: водоподачі і водовідведення. Колекторно-дренажна мережа, за винятком огорожувального скиду ОС-2, закрита. Матеріал колекторів – залізобетонні труби діаметром 100 і 150 мм.

Для профілактичних ремонтів і замірів стоку в гирлі дрен розміщені дренажні оглядові колодязі. Міждрена відстань на ділянці ЗЧЗС-М дорівнює 400–450 м, середня глибина закладення дрен 2,5 м.

Закрита чекова зрошувальна система включає в себе, окрім водопідвідної, водовідвідної і дренажної мереж, також насосну станцію. ЗЧЗС-М відрізняється від подібних аналогів як в Україні, так і в світовій гідромеліоративній практиці тим, що з метою зниження капітальних витрат і поліпшення екологічного стану агроландшафту та морської акваторії водопідвідна мережа виконана закритою, а дренажна мережа забезпечена ставком детоксикації. При цьому водопідвідна

мережа закільтована і пов'язана через насосну станцію із ставком детоксикації. Система побудована і працює на площі 432 га. Принциповою відмінністю даної системи від решти аналогів є повне повторне використання дренажно-скидних вод для зрошення на даній сівозміні.

Автором ЗЧЗС-М передбачена можливість запровадження водо- і енергозберігаючих технологій водокористування, а також безгербіцидної та малогербіцидної технології, що забезпечує виробництво екологічно чистої сільськогосподарської продукції. ЗЧЗС-М розташована в природно-господарських умовах, які є типовими для безстічних і слабодренованих земель сухосте повітряної зони України.

Схема функціонування ЗЧЗС-М відрізняється від відомих схем РЗС тим, що з метою зниження капітальних та енергетичних витрат, дільничні та розподільчі трубопроводи, що поєднують функції подачі та скидання води з двох суміжних ділянок, в кінцевих точках об'єднані насосною станцією, а дренажно-колекторна мережа виконує функцію відводу тільки дренажного стоку.

Розподіл дренажного стоку і скидної води дозволяє зменшити об'єм ставка детоксикації та розрахункові діаметри закритої дренажно-колекторної мережі. Вода, пройшовши греблю ставка детоксикації, потрапляє в буферний ставок для підготовки і повторного використання. Для збагачення води киснем і рівномірного розподілу дренажного стоку по фронту ставка детоксикації влаштовані аератори. Для подачі води в чек і скидання води з чека на системі передбачено чековий водовипуск. З чека в чек вода подається по лоткових водовипусках.

Ставок детоксикації призначений для прийому і витримування в ньому дренажних вод. Термін витримки дренажних вод залежить від застосовуваної групи гербіцидів. Таким чином, ставки працюють в циклічному режимі. З метою зменшення площі, що відводиться під ставок, зниження вартості і спрощення експлуатації передбачена робота ставка детоксикації в безперервному режимі.

При вирощуванні рису за безгербіцидною технологією ставок необхідний на період освоєння проектною сівозміною, а в подальшому він може використовуватися як нагульний і зимувальний при риборозведенні. При малогербіцидній технології вирощування сільськогосподарських культур рисової сівозміни перед початком обробітку ґрунту гербіцидами ставка детоксикації має бути заповнений водою до розрахункового рівня, тобто до верхньої межі водозливного порогу водовипуску ВДД-2-600. Заповнення ставка детоксикації проводиться на початку вегетаційного періоду дренажним і скидним стоком, а також, в разі необхідності, і зрошувальною водою з міжгосподарського каналу. До складу гідроспоруд ставка детоксикації входять 8 аераторів та водовипуск ВДД-2-600. Аератор являє собою двуплечовий сталевий трубопровід діаметром 426 мм, до якого підключені насадки «Н-01» у кількості 13 шт. До системи аераторів подається тільки дренажний стік за допомогою дренажної групи насосів насосної станції. Облицювання укосу дамби ставка детоксикації виконано плитами ППК-60-15 по піщаній підготовці товщиною 5 см. Аератори призначені для збагачення води киснем і рівномірного розподілу дренажного стоку за фронтом ставка детоксикації. Розрахункові витрати одного аератора 200 л/с. Обсяг ставка детоксикації 212 тис.м<sup>3</sup>. Водовипуск призначений для підтримки заданих рівнів води у верхньому буфері; пропуску води як в прямому, так в і зворотному напрямку водопровідного тракту.

Буферний ставок призначений для часткової акумуляції скидного стоку і змішування дренажної води зі зрошувальною. Об'єм буферного ставка розрахований на одночасне прийняття обсягу скидного стоку з однієї поливної ділянки. Буферний ставок побудований в комплексі зі ставком детоксикації. З насосною станцією

буферний ставок з'єднується водовипуском ВДД-1-600. Об'єм буферного ставка дорівнює 38 тис.м<sup>3</sup>.

На чеках, для спостереження за зміною засоленості ґрунтів, обладнано ряд сольових стаціонарів (СС), СС-1, СС-3, СС-5, СС-7, СС-9. Сольові стаціонари розміщені в центрі рисових чеків. В якості контрольного обраний сольовий стаціонар СС-10 за межами ЗЧЗС-М, який розміщений в межах землекористування Інституту рису НААН в умовах звичайної рисової зрошувальної системи, побудованої в 1982 році. В межах кожного сольового стаціонару облаштовується ґрунтова свердловина для спостережень за динамікою рівня ґрунтових вод. Спостереження за рівнем ґрунтових вод проводилися у вегетаційний період щодавно, а в невегетаційний період – один раз на місяць.

Ефективність роботи ЗЧЗС-М визначалася порівнянням фактичних показників, що характеризують гідрогеолого-меліоративних стан ґрунтів з їх гранично-допустимими концентраціями (ГДК), а також з проектними показниками гідрогеолого-меліоративного та екологічного стану ґрунтів, які повинна забезпечувати функціонування закритої чекової зрошувальної системи.

На ділянці ЗЧЗС-М впроваджується комплекс заходів, спрямованих на виробництво зерна рису за екологічно чистими, безгербіцидними і малогербіцидними технологіями відповідно до «Рекомендацій з вирощування рису», розробленими науковими співробітниками Інституту рису НААН та ХДАЕУ.

При вирощуванні рису на ЗЧЗС-М найважливішим завданням щодо підготовки ґрунту для запровадження безпестицидної і малопестицидної технологій було створення оптимальних умов росту і розвитку рослин рису протягом вегетаційного періоду (знищення бур'янів, вирівнювання поверхні чеків, глибина загортання насіння до 2,0 см, отримання своєчасних і дружних сходів).

За безпестицидною технологією вирощування рису необхідною умовою є дотримання високої якості вирівнювання поверхні чеків. За такою технологією вирощування рису висіваються ранньо- і середньостиглі сорти культури рису, посів яких скорочує вегетаційний період на 15–20 днів, зменшує зрошувальні норми, покращує якість товарного зерна.

Дотримання розробленої технології вирощування рису забезпечує в умовах закритої чекової зрошувальної системи:

- зниження водоподачі на 1 га сівозмінної площі;
- забезпечення всіх нормативних показників еколого-агромеліоративного стану земель і родючості ґрунтів;
- виключення застосування пестицидів та гербіцидів;
- зниження доз мінеральних добрив, в основному азотних (на 30-50%);
- одноразове внесення добрив перед посівом тільки наземним способом.

Дослідження показали, що в роботі ЗЧЗС-М можливо виділити два характерних періоди:

I період – меліоративний, для якого характерними є 1991–1995 рр. В цей період освоєння на ЗЧЗС-М відбувалося розсолення ґрунтів, вимивання солей з ґрунту в підґрунтові води та винос їх з дренажним стоком.

II період – експлуатаційний. Цей період продовжується з 1995 р. до нинішнього часу (2021 р.).

В I період для покращення еколого-агромеліоративного стану ґрунтів була введена сівозміна з насичення основною культурою рис 35%. У II період сівозміну було змінено: насичення основною культурою рис – 62%. Склад культур не змінився, за виключенням соняшнику, який вирощувався у I періоді.

Зменшення засоленості та покращення загального стану ґрунтів у II періоді відобразилося на урожайності рису. За даними Інституту рису НААН та ДПДГ Інституту рису НААН у першому періоді середня урожайність рису складала 3,66 т/га. На початок 2000-х років цей показник підвищився в середньому на 3,15 т/га і середня урожайність рису на ЗЧЗС-М досягла 6,81 т/га, а в 2011 р. – 7,00 т/га, в 2012 р. – 7,20 т/га, в 2013 р. – 7,50 т/га. Результати виробничих досліджень показали, що ЗЧЗС-М працює впродовж 30 років (1991–2021 рр.), в основному в проектному режимі. В період 2010–2020 рр. урожайність рису на ЗЧЗС-М збільшилась в середньому до 8,0 т/га, а в 2021 р. – до 93 т/га. На звичайних РЗС в ці періоди урожайність рису досягала 6,5–7,5 т/га. Також було вдосконалено сівозміну, збільшилась насиченість основною культурою рис (у 1,77 рази), що значно підвищило економічну ефективність ЗЧЗС-М та інтенсивність техногенного навантаження на агроecosистему. В цілому на ЗЧЗС-М спостерігається загальна тенденція збільшення урожайності рису порівняно з іншими РЗС Інституту рису. На дослідних стаціонарах ЗЧЗС-М відмічалась урожайність рису 10,0 т/га і більше. Урожайність є інтегруючим показником економічної та еколого-агромеліоративної ефективності всіх гідромеліоративних систем, в тому числі і рисових.

Дослідженнями визначено основні технологічні показники роботи ЗЧЗС-М в експлуатаційний період (виробничий режим): зрошувальні норми рису – 13–14 тис. м<sup>3</sup>/га, супутніх сільськогосподарських культур – 2,4 тис. м<sup>3</sup>/га; дренажний стік – 2,5–3,0 тис. м<sup>3</sup>/га; режим ґрунтових вод у не вегетаційний період – напів-гідроморфний, у вегетаційний – гідроморфний, що є характерним для рисових зрошувальних систем із сприятливим еколого-меліоративним станом. ЗЧЗС-М забезпечує зниження рівня ґрунтових вод на початку вегетаційного періоду до глибини 1,8–2,2 м, відносно стабільну мінералізацію ґрунтових вод 2,1–2,6 г/дм<sup>3</sup> і тип їх хімічного складу – сульфатно-гідрокарбонатний, магнієво-натрієвий. Накопичення запасів солей в зоні аерації за період 1990–2021 рр. не визначено. Загальна засоленість ґрунтів зони аерації не перевищувала 0,2%, тип засолення ґрунтів хлоридно-сульфатний суттєво не змінився. ЗЧЗС-М забезпечує оперативного управління еколого-меліоративним режимом агроландшафтів, в першу чергу, ґрунтів.

Закрита чекова зрошувальна система за 30 років її експлуатації показала, що на ній при відповідних технологіях вирощування рису є можливість забезпечити проектний еколого-меліоративний режим, потрібний для досягнення проектних урожаїв рису та супутніх сільськогосподарських культур. Одержано сертифікат на екологічно чисту сільськогосподарську продукцію, яка вирощується в умовах ЗЧЗС-М.

В основу обґрунтування еколого-економічної доцільності широкого впровадження ЗЧЗС-М покладені принципи, розроблені ІВПіМ НААН (П.І. Коваленко, Б.І. Чалий, А.І. Тищенко, 1991), методика еколого-економічної оцінки, яка використовується при екологічній експертизі проектів (М.А. Пустовойт та ін., 1986), а також галузеві методики визначення техніко-економічних показників (ТЕП) РЗС. В результаті комплексних багаторічних досліджень встановлено, що ТЕП ЗЧЗС-М має перевагу порівняно з еталоном – картою Кубанського типу, а також із картою Краснодарського типу. Основні ТЕП ЗЧЗС-М: коефіцієнт земельного використання (КЗВ) – 0,96; коефіцієнт корисної дії (ККД) – 0,96; коефіцієнт використання води (КВВ) – 0,83; строк окупності – 6,5–8,2 роки. На ЗЧЗС-М економія зрошувальної води порівняно з діючими РЗС у 2–2,5 рази більше, впровадження



цієї системи значно поліпшує еколого-агримеліоративний стан ландшафту та морської акваторії. Результати 30-річних досліджень свідчать про високий рівень технічної, економічної та еколого-меліоративної ефективності закритої чекової зрошувальної системи конструкції В.Й. Маковського і дозволяють впроваджувати її при реалізації Стратегії зрошення і дренажу в Україні до 2030 року.

Якщо виразити забір води на зрошення сільськогосподарських культур ЗЧЗС-М у відсотках, то забір води з каналу Х-13-Р становив 77–78%, забір води з дренажу та використання на повторне зрошення склав 22–22,5%. Подача води на зрошення становить 91–92%, а подача води в ставок детоксикації – 8–9% від загальної кількості усєї води, що брала участь в водообігу на ЗЧЗС-М. Зрошувальна норма рису за вегетаційний період становить 12 800–13 600 м<sup>3</sup>/га, в порівнянні з існуючою на звичайних рисових системах в даному регіоні – 25 000–30 000 м<sup>3</sup>/га. Це пов'язано насамперед з тим, що на ЗЧЗС-М відсутні технологічні скиди дренажної води в акваторію Чорного моря. Вся дренажна вода після попередньої підготовки в ставках детоксикації та подальшого розведення зі зрошувальною та скидною водою в буферному ставку використовується на повторне зрошення в межах даної системи. Економія поливної води, як свідчать дані багаторічних досліджень, складає 49–55%.

**Висновки і пропозиції.** Конструкція закритої чекової зрошувальної системи В.І. Маковського (ЗЧЗС-М) була розроблена, побудована і функціонує з метою підвищення урожайності рису і супутніх культур, економії забору зрошувальної води та зменшення скидів води за межі рисової зрошувальної системи, а також зменшення пестицидного і гербіцидного навантаження на ґрунти та сільськогосподарські культури, що вирощуються. Це одна з найважливіших переваг даної системи перед існуючими звичайними зрошувальними рисовими системами.

В процесі багаторічних виробничих досліджень була відпрацьована технологія функціонування ЗЧЗС-М. Установлений високий рівень технічної, економічної та еколого-меліоративної ефективності ЗЧЗС-М дозволяє рекомендувати її при реконструкції рисових зрошувальних систем на слабодренуваних і безстічних землях приморських низовин в Південному регіоні України.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Морозов В.В., Дудченко В.В., Корнбергер В.В. Природоохоронне нормоване водокористування при вирощуванні рису. Херсон, вид-во ХДУ, 2010. 249 с.
2. Титков А.А., Кольцов А.В. Эволюция рисовых ландшафтно-мелиоративных систем Украины. Симферополь : СОНАТ, 2007. 308 с.
3. Технологія нормованого водокористування при вирощуванні рису з врахуванням вимог ресурсо- та природо збереження в господарствах України / В.В. Дудченко, В.Г. Корнбергер, В.В. Морозов та ін. За ред. В.В. Морозова. Херсон, вид-во ХДУ, 2009. 103 с.
4. Рис в Україні: [колективна монографія] / за ред. д.т.н., професора, член-кор. НААНУ В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського, д.е.н., професора Л.М. Грановської. Херсон : Грінь Д.С., 2014. 976 с.
5. Рисові зрошувальні системи: використання дренажно-скидних вод : монографія / В.В. Дудченко, В.Г. Корнбергер, В.В. Морозов, О.В. Морозов, К.В. Дудченко. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2016. 212 с.
6. Сташук В.А., Рокочинський А.М., Мендусь П.І., Турченко В.О. та ін. (за ред. чл.-кор. НААН Сташука В.А., проф. Рокочинського А.М., доцента Мендуся П.І., доцента Турченюка В.О.) Рисові зрошувальні системи: Посібник для вищих навчальних закладів. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 435 с.

7. Підвищення ефективності функціонування рисових зрошувальних систем України: науково-методичні рекомендації / за заг. ред. Сташука В.А., Вожегової Р.А., Дудченка В.В., Рокошинського А.М., Морозова В.В.). Вид. 2-ге, перероб. та доповн. [Електронне видання]. Київ – Херсон – Рівне : НУВГП, 2020. 203 с.

#### REFERENCES:

1. Morozov, V.V., Dudhenco, V.V., Kornberger, V.G. (2010). Prirodooxoronne normovane vodokoristuvannya pri vuroshyvani risy [Environmental standardized water use in rice cultivation]. Kherson : Vyd-vo KhDAEU [in Ukrainian].
2. Titcov, A.A., Colzov, A.V. (2007). Evolyzia pisovux landshaftno-meliorativnix sistem Ykraiyny [Evolution of rice landscape-reclamation systems of Ukraine]. Simferopol : Vyd-vo SONAT [in Ukrainian].
3. Tehnologia normopvanogo vodokoristyvania pri virishyvani risy z vraxuvaniem vymog resyrso – ta prirodoberezhenya v gospodarstvax Ykraiyny [Technology of standardized water use in rice cultivation, taking into account the requirements of resource and nature conservation in Ukrainian farms] / V.V.Dudhenco, V.V.Morozov, V.G. Kornberger and other. Za red. V.V. Morozova. Kherson : Vyd-vo KhDU [in Ukrainian].
4. Ris v Ykraine [kolektivna monografia] [Rice in Ukraine] / za red. V.A. Stashyka, A.M. Rokothinskogo, L.M. Granogskoy. Kherson : Vyd-vo Grin D.S. [in Ukrainian].
5. Risovi zroshyvalny systemy: vikoristanya drenagno-skidnyx vod [Rice irrigation systems: use of drainage and wastewater] : monografia / V.V. Dydhenko, V.G. Kornberger, V.V. Morozov and other. Vyd-vo Grin D.S. [in Ukrainian].
6. Stashyk, V.A., Rokothinskiy, A.M., Mendys, P.I., Turhenyk, V.O. ta in. (za red. Stashyka V.A., Rokothinskogo A.M., Mendysya P.I., Turhenyka V.O.). (2018). Pisovi sroshyvalny systemy [Rice irrigation systems] : posibnik dlya navhalnyx zakladiv. Kherson : Vyd-vo OLDI-PLYS [in Ukrainian].
7. Pidvishenya efektyvnosti fynkzionyvania risovix zroshyvalnyx sistem Ykraiyny [Improving the efficiency of rice irrigation systems in Ukraine]: naykovo-motodichni rekomendatziy / za red. Stashyka V.A., Vozhegovoy R.A., Rokothinskogo A.M., Morozova V.V. Vid. dryge perorobleno ta dopovnene [elektrone vidahia]. Kiev – Rivne – Kherson : Vyd-vo HYVGP [in Ukrainian].