



УДК 626.862.3

Ткачук М. М., д.т.н., професор, Ткачук Р. М., к.т.н. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СПОСІБ ЗАХИСТУ ГІДРОМЕЛІОРАТИВНИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД ЗАТОПЛЕННЯ І ПІДТОПЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДРЕНАЖНО-ЕКРАННО-МОДУЛЬНИХ СИСТЕМ

Наведений спосіб регулювання рівнів ґрунтових вод за допомогою дренажно-екранно-модульних систем, використання яких дозволяє обмежувати затоплення і підтоплення гідромеліоративних територій.

Ключові слова: спосіб захисту, затоплення, підтоплення, гідромеліоративні території, дренажно-екранно-модульні системи, рівні ґрунтових вод.

Підтоплення і затоплення меліоративних територій є причиною підйому рівня ґрунтових вод (РГВ) внаслідок підвищення горизонту води при влаштуванні водойм, наливних ставків, на річках (при будівництві гідротехнічних споруд), насичення ґрунтів при фільтрації води через дно і укуси каналів, втрат води з водопровідних і каналізаційних мереж, замулення русел річок тощо. Ступінь підтоплення залежить від потужності і фільтраційних властивостей ґрунтів, протифільтраційних улаштувань, геологічної будови області фільтрації, положення водотривкого шару, зв'язку ґрунтових вод з міжпластовими напірними водами та інших факторів.

Сільськогосподарські (с.-г.) землі вважаються підтопленими, якщо підйом РГВ вище норми осушення триває більше 10 діб – для зернових і пропашних культур і 15 діб для трав. Підтоплення негативно впливає на урожайність культур, при цьому, якщо РГВ встановлюється на глибині 0,3 м від поверхні землі, то врожай повністю гине. Для усунення підтоплення (с.-г.) угідь на межі територій (у гумідній зоні) влаштовуються осушувальні системи з механічним водопідйомом, або самопливні, якщо дозволяє рельєф місцевості, а також широко застосовується дренаж горизонтального та вертикального типів [1].

Що стосується затоплення меліоративних територій шаром води, то це спостерігається в період повені, паводків, або внаслідок влаштування водопідпірних споруд в руслах річок (каналів), а також

при затриманні місцевого стоку в пониженнях рельєфів. Крім того, серед причин затоплення і підтоплення гідромеліоративних систем можна виділити такі: велика кількість опадів, слабка природна дренажність ґрунтів, підняття рівнів води в водоймах і фільтрація з водойм (відкритих каналів), накопичення дощової (талого) води, зменшення ухилів поверхні, застійність поверхневої води на територіях, напірне живлення ґрунтовими водами тощо.

Проблема затоплення і підтоплення меліоративних територій на даний час є особливо актуальною, оскільки щороку повені та літні паводки призводять до значних негативних (с.-г.) та еколого-економічних наслідків, найпоширенішими з яких є: зменшення врожаїв, погіршення екологічних умов, погіршення якості природних ресурсів та умов їх використання, погіршення умов ведення с.-г. робіт на цих територіях. Надходження надлишкових вод з боку прилеглих до гідромеліоративних територій є вагомою причиною надлишкового зволоження, вона підсилює дію інших факторів, тому огорожувальна мережа є необхідною частиною більшості осушувальних систем.

Крім того, в багатьох випадках, існує проблема підтоплення і затоплення ґрунтовими (поверхневими) водами прилеглих територій з боку гідромеліоративних систем, що часто призводить до конфліктних ситуацій між сусідніми господарствами.

Що стосується захисту польдерних систем від затоплення і підтоплення з боку річок, озер, ставків, водосховищ, великих каналів, то з цією метою часто використовуються дамби і відкриті канали, що влаштовуються вздовж водойм (рис. 1).

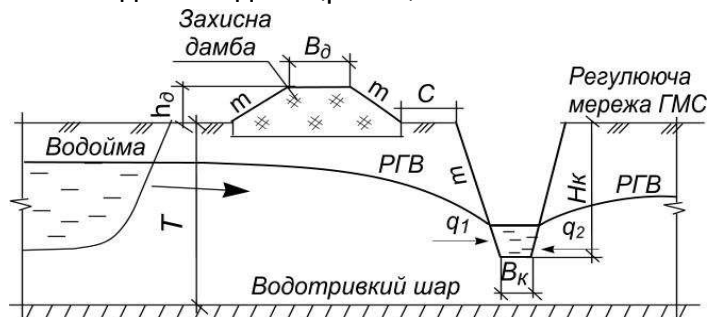


Рис. 1. Схема регулювання притоку ґрунтової води з відкритих водойм на польдерній системі за допомогою захисних дамб і відкритих каналів

Що стосується захисту осушуваних територій від поверхневих і ґрунтових вод, що притікають з вищерозташованих водозборів, використовуються нагрірно-ловильні канали (рис. 2). Призначення нагрірних каналів перехоплювати переважно поверхневі води, ловильних – ґрунтові води. Форма поперечного перетину нагрірно-ловильного

каналу проектується частіше трапецеїдальною, а розміри приймаються: глибина ловильного каналу 1,5...2 м, і нагірно-ловильного – 2...3 м, ширина дна каналу 0,6 м, коефіцієнти закладання укосів в межах $m = 1,5...2,5$.

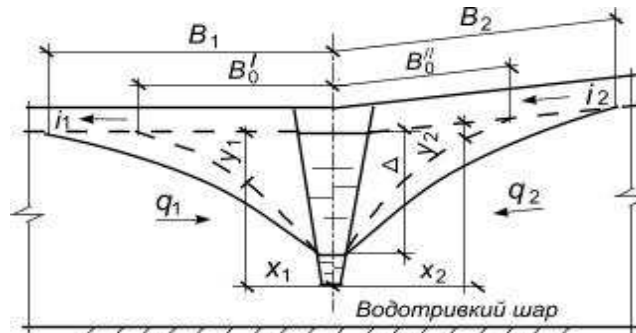


Рис. 2. Схема поперечного перетину нагірно-ловильного каналу для захисту осушуваних територій від поверхневих і ґрунтових вод, що притікають з вищерозташованих водозборів [1]

Нагірно-ловильні канали є елементом гідромеліоративних систем для перехоплення внутрішньоґрунтового фільтраційного потоку і притоку поверхневих вод з водозборів, що розміщені вище осушуваних земель і влаштовуються, як правило, вздовж верхньої межі гідромеліоративних систем [1].

Необхідно відмітити, що наведені вище традиційні конструкції каналів і дамб, що використовуються для недопущення затоплення і підтоплення і забезпечення необхідного водного режиму ґрунтів на гідромеліоративних системах є недостатньо ефективними і не спрямовані, в повній мірі, на усунення надлишкового зволоження та захисту осушуваного масиву від притоку поверхневих і ґрунтових вод з прилеглому водозбору.

Недоліками нагірно-ловильних каналів за [2] є те, що вони негативно впливають на прилеглі території, причому радіус впливу їх залежить від багатьох факторів (відмітимо декілька з них): 1) глибини каналу; 2) довжини каналу; 3) коефіцієнта фільтрації ґрунту. При цьому, чим більший з цих факторів, тим більший радіус (зона) впливу нагірно-ловильних каналів на прилеглі території.

Нагірно-ловильні канали розраховуються на максимальний притік води з боку вищерозташованих водозборів. Якщо нагірно-ловильний канал не може прийняти розрахунковий притік води, то додатково влаштовуються ще 1 або 2 канали [1]. Відстань впливу нагірно-ловильного каналу (рис. 2) можна вирахувати за методикою С. Ф. Авер'янова [3]:

– нижче схилу від каналу
$$B_1 = 0.5 \frac{\Delta}{i_1}, \quad (1)$$

– вище схилу від каналу
$$B_2 = 1.5 \sqrt{\frac{\Delta L}{i_2}}, \quad (2)$$

де B_1 і B_2 – відстані від ловильного каналу до виклинювання депресійної кривої нижче і вище каналу; Δ – пониження ґрунтової води в створі каналу; i_1 та i_2 – ухили поверхні ґрунтової води нижче і вище нагірно-ловильного каналу; L – довжина каналу.

Пониження РГВ на відстані x від ловильного каналу визначається за формулою [3]

- нижче каналу
$$y_1 = \Delta \left(1 - \frac{x_1}{B_0'}\right) \left(1 - \sigma_1 \frac{x_1}{B_0'}\right), \quad (3)$$

- вище каналу
$$y_2 = \Delta \left(1 - \frac{x_2}{B_0''}\right) \left(1 - \sigma_2 \frac{x_2}{B_0''}\right), \quad (4)$$

де σ_1 і σ_2 – коефіцієнти, які залежать від $\frac{z}{B_0'}$ і $\frac{z}{B_0''}$ відповідно;

z – відстань від витоку каналу до створу, що розглядається.

За підрахунками, використовуючи методику [3] і приведені методики (3) і (4), відстань впливу нагірно-ловильного каналу на довкілля сягає 300...500 м.

Всі заходи зі зниження РГВ на гідромеліоративних системах вибираються в залежності від геологічної будови ділянки, характеристики водоносного пласта (водопроникності та водовіддачі), умов живлення і стоку ґрунтових вод, а також призначення території, що захищається.

Сучасні умови функціонування існуючих гідромеліоративних систем потребують оцінки їхнього стану, встановлення обсягів реконструкції, проведення модернізації та застосування більш ефективних захисних заходів, а при проектуванні реконструкції регулюючих систем необхідно враховувати причини надлишкового зволоження ґрунтів, величини кожної складової водного балансу під час проходження весняних, літньо-осінніх паводків та паводків у посівний період, а отже, залежно від причин надлишкового зволоження на осушуваному масиві повинні бути передбачені:

- захист від надходження поверхневих вод із навколишньої водозбірної площі;

- захист від підтоплення фільтраційними та затоплення паводковими водами з водойм та водотоків;

- відведення поверхневого стоку на осушуваному масиві;
- перехоплення потоку ґрунтових вод та зниження їх рівня на осушуваному масиві.

У зв'язку з цим, набули актуальності питання дослідження ефективності елементів осушувальних систем щодо захисту від затоплення і підтоплення в умовах збільшення тривалості експлуатації систем на фоні зростання водонадходження на території внаслідок підвищення кількості та інтенсивності опадів через глобальні зміни клімату.

Для усунення недоліків щодо ефективного перехоплення ґрунтових вод, що надходять з боку річки-водоприймача, і з метою захисту територій польдерних систем від затоплення і підтоплення, їх надійного функціонування та посилення берегозахисних функцій дамб обвалування, в комплексі із збереженням екологічного стану прилеглих територій, нами розроблено і запропоновано замість відкритого каналу, вздовж захисної дамби, влаштовувати більш ефективну конструкцію – дренажно-екранно-модульну систему (ДЕМС) (рис. 3) [4; 5]. Для захисту осушуваного масиву від притоку поверхневих і ґрунтових вод з вищерозташованого прилеглого водозбору, що знаходиться на межі гідромеліоративних систем пропонується також ДЕМС – комбінація водонепроникного екрана з дренажним модулем (рис. 4), або водонепроникного екрана і систематичних регулюючих дрен мілкою та глибокою закладання (рис. 5).

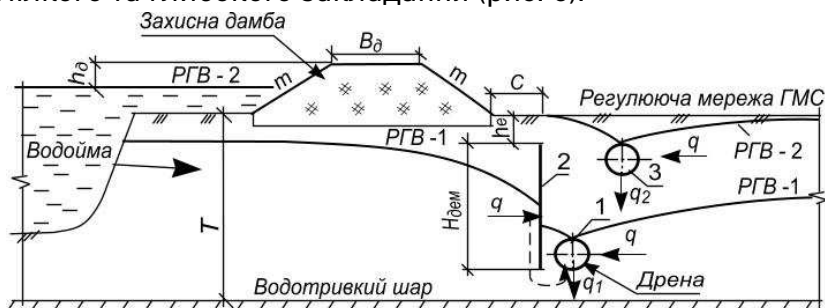


Рис. 3. Схема регулювання притоку ґрунтових вод з відкритих водойм на польдерні системи з використанням дренажно-екранно-модульних систем: 1 – дрена глибокого закладання; 2 – екран; 3 – дрена мілкою закладання

ДЕМС (рис. 4) для захисту гідромеліоративних систем від затоплення і підтоплення з сусідніх територій містить дрена глибокого закладання 1 влаштовану поруч з екраном 2, суміжну регулюючу дрена мілкою закладання у вигляді гончарної або пластмасової дрени 3, що гідравлічно зв'язані між собою і впорядковуються на межі меліоративної системи.

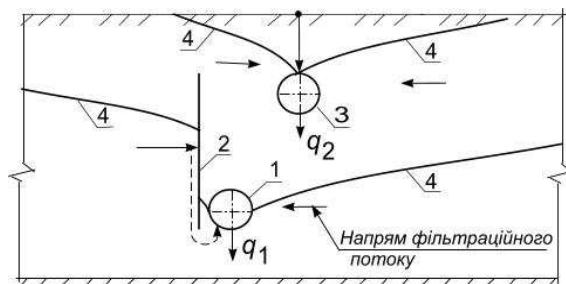


Рис. 4. Схема конструкції дренажно-екранно-модульної системи [5], що включає екран і суміжні регулюючі дрени мілко́го та глибокого закладання: 1 – дрена мілко́го закладання; 2 – екран; 3 – дрена глибокого закладання; 4 – рівень ґрунтової води (депресійна крива)

ДЕМС працює наступним чином: фільтраційний ґрунтовий потік з прилеглої території надходить до дрени глибокого закладання, установленної перед екраном, екран чинить опір потоку і примушує його рухатись уздовж поверхні екрана до дрени глибокого закладання, а це збільшує шлях фільтрації і спричиняє втрати напору при надходженні потоку до дрени глибокого закладання. При цьому, дрена мілко́го закладання (суміжна з дренаю глибокого закладання) внаслідок її мінімально-допустимої відстані від поверхні землі і мінімальної довжини фільтраційного потоку інтенсивніше перехоплює воду від інфільтраційного живлення. Саме функція елементів ДЕМС і полягає в обмеженні горизонтальної фільтрації ґрунтової води та підсилення вертикальної інфільтрації її з поверхні землі. Функція екрана полягає в обмеженні впливу дії глибокої дрени за межами гідромеліоративної системи, а відповідно створювати умови для більш швидкого реагування дрен на фільтраційні потоки, що формуються на межі гідромеліоративної системи і недопущення затоплення і підтоплення інфільтраційними і ґрунтовими водами.

Запропонована конструкція ДЕМС дозволяє обмежувати підтоплення і затоплення прилеглих територій і навпаки, покращувати регулюючу спроможність гідромеліоративних мереж, оптимізувати водний режим на меліорованих системах, а також відмовитись від нагірно-ловильних каналів, влаштованих вздовж контуру осушувальної системи, що, крім всього, призводить до збільшення ефективних площ для с.-г. використання, зменшення собівартості будівництва і покращення умов проведення агротехнічних заходів.

При реконструкції традиційних гідромеліоративних систем, для перехоплення ґрунтових вод, замість ловильних каналів, нами пропонується дренажно-екранний модуль. Дренажно-екранний модуль на системі (рис. 5) включає екран і дренажний модуль. Дренажний мо-

дуль – контур систематичних дрен, в якому в межах двох дрен глибокого закладання розташовані одна, або більше дрен мілкового закладання.

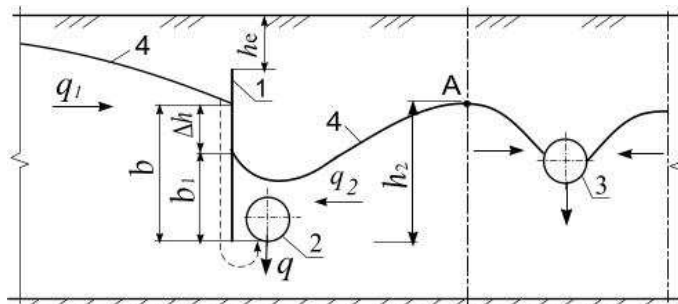


Рис. 5. Дренажно-екранний модуль на гідромеліоративній системі влаштований із екрана і систематичних дрен мілкового і глибокого закладання: 1 – екран; 2 – дрена глибокого закладання; 3 – дрена мілкового закладання; 4 – депресійна крива; А – точка водорозділу між дренами мілкового і глибокого закладання

Спільна робота екрана і систематичних дрен (рис. 5) збільшує довжину депресійної кривої (лінії току) і створює регулюючий ефект біля дрен верхнього і нижнього б'єфів. Ґрунтова вода рухається до дрени, що влаштована поруч з екраном, з двох боків під впливом різниці напорів у верхньому і нижньому б'єфах. Межі області руху потоку, в даному випадку, як на традиційному дренажі, так і на дренажних модулях спостерігаються двох типів: ліній токів і ліній різних потенціалів. Рух ґрунтової води під екраном є ламінарний і узгоджується з законом Дарсі, крім цього, він є усталений, нерівномірний, що характеризується наявністю криволінійних живих перетинів.

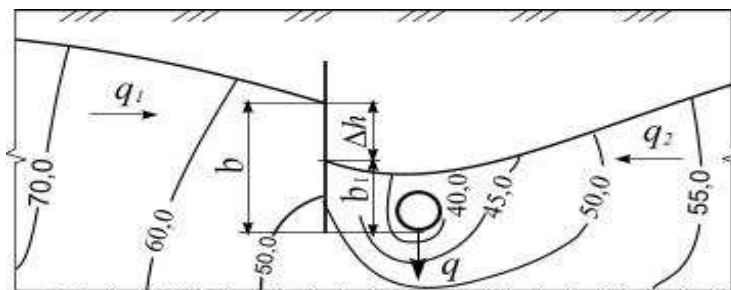


Рис. 6. Розрахункова схема спільної роботи екрана з дренаю; лінії рівних напорів на схемі отримані (в лабораторних умовах) при гідравлічному моделюванні процесів надходження ґрунтової води до дрени з боку екрана (верхнього б'єфа) і з боку дрени (нижнього б'єфа)

Загальні витрати води q з дрени, досконалої за характером ро-

зкриття водоносного шару, дренажно-екранного модуля, що влаштовується з екрана і дрени глибокого закладання (рис. 6) (для випадку захисту території гідромеліоративних систем від підтоплення з боку річки-водоприймача польдерної системи, або з боку вищерозташованих водозборів) складається з притоку ґрунтової води q_1 під екраном (з верхнього б'єфу) і притоку ґрунтової води до дрени q_2 з боку гідромеліоративної системи [6], а саме

$$q = q_1 + q_2, \quad (5)$$

де q_1 – притік ґрунтової води до дрени з верхнього б'єфу під екраном:

$$q_1 = \omega \cdot V; \quad (6)$$

де ω – площа перетину під екраном (визначається, як площа перетину – на лінії рівного напору); V – швидкість фільтрації під екраном:

$$V = k \cdot I, \quad (7)$$

де k – коефіцієнт фільтрації ґрунту; I – гідравлічний похил (градієнт напору), що дорівнює відношенню діючого напору Δh ($\Delta h = b - b_1$) до довжини змоченого підземного контуру вздовж екрана, з двох боків ($b + b_1$) (рис. 6):

$$I = \frac{\Delta h}{b + b_1}. \quad (8)$$

Тоді притік ґрунтової води q_1 до дрени з боку верхнього б'єфа визначатиметься (див. рис. 6)

$$q_1 = \omega k \frac{\Delta h}{b + b_1}. \quad (9)$$

Притік ґрунтової води q_2 до дрени з боку систематичних традиційних дрен (рис. 5) визначатиметься:

$$q_2 = \frac{k(h^2 - h_0^2)}{2B}, \quad (10)$$

де h – напір на дрени; h_0 – напір у дрени; B – відстань між дренами.

Притік ґрунтової води q_2 до одиночної дрени з боку дренажної мережі визначається за

$$q_2 = \frac{2\pi k h_2 l}{\ln \frac{4t}{D} + C}, \quad (11)$$

де h_2 – напір між дренами з боку одиночної дрени; l – довжина одиночної дрени.

Рівняння для визначення сумарного дренажного стоку дренажно-екранного модуля для реальних умов (рис. 6) матиме вигляд (12):



$$q = k \left(\omega \frac{\Delta h}{b + b_1} + \frac{2\pi h_2 l}{\ln \frac{4t}{D} + C} \right), \quad (12)$$

де k – коефіцієнт фільтрації, м/добу; ω – площа живого перетину під екраном; Δh – втрати напору на екрані; $(b + b_1)$ – довжина змоченого підземного контуру вздовж екрана з двох боків; h_2 – напір на дрени з боку одиночної дрени (див. рис. 6); l – довжина дрени; $\ln \frac{4t}{D}$ – фільтраційний опір досконалої дрени; C – додатковий фільтраційний опір на недосконалість дрени за характером розкриття водоносного шару [8].

Рівняння для визначення сумарного дренажного стоку з дрени дренажно-екранного модуля (рис. 5) для реальних умов матиме вигляд

$$q = k \left(\omega \frac{\Delta h}{b + b_1} + \frac{h^2 - h_0^2}{2B} \right). \quad (13)$$

Вивчення особливостей спільної роботи дрени і водонепроникного екрана, дозволило нам отримати і проаналізувати ряд кількісних та якісних характеристик, а також обґрунтувати місце розташування дрени відносно екрана [6].

Формула (12) дає можливість теоретично дослідити оптимальні геометричні параметри екрана з метою мінімізації впливу дрени на довікілля.

Результати аналізу сумарного дренажного стоку з дренажно-екранного модуля за (12), для реальних умов, дозволили отримати залежності (рис. 7) питомих витрат q від напору на екрані b (1...4) та напору h_2 з боку дрени (5...8) при спільній дії дрени та екрана. (Залежність (12) проаналізовано на прикладі поліетиленових дренажних труб з діаметром 50 мм, діаметром отворів 1,4 мм, кількістю отворів 1300 на метр труби (труби захищені від замулення скловолоком ВВ – Г)).

Як видно з графіка, екран суттєво впливає (чинить опір) припливу ґрунтової води до розташованої поруч дрени, що пояснюється втратами напору при збільшенні шляху депресійної кривої вздовж екрана, під екраном і за екраном (рис. 6), і навпаки, витрата води з боку дрени значно більша, що пояснюється відсутністю додаткових опорів на шляху фільтраційного потоку (екрана).

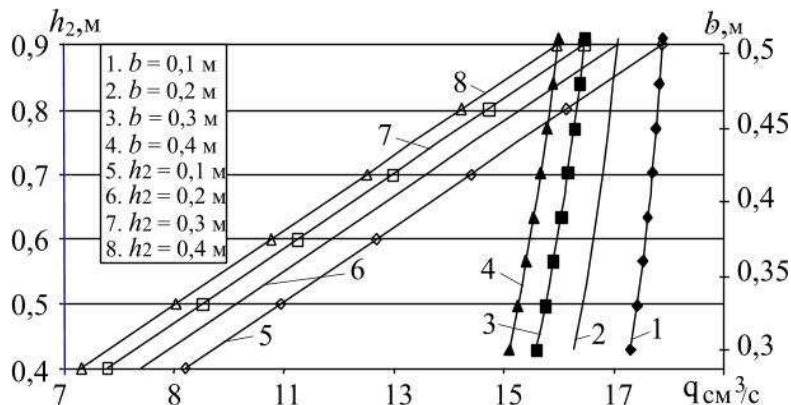


Рис. 7. Графік залежності питомих витрат води q від напору на екрані b (1...4) та напору h_2 з боку дрени (5...8) при їх спільній дії

Таким чином, переваги при використанні ДЕМС (поєднання екрана з дренами глибокого або мілкового закладання) для регулювання РГВ на польдерній системі є суттєвими і забезпечують: 1) запобігання (попередження) підтоплення територій ГМС; 2) збільшення коефіцієнта земельного використання порівняно з нагріно-ловильними каналами, а разом з тим збільшення об'єму с.-г. продукції; 3) зменшення експлуатаційних витрат на ремонт і утримання каналів вздовж дамб і нагріно-ловильних каналів; 4) збереження екологічного стану прилеглих до ГМС територій тощо.

Висновки

1. Дослідженнями встановлено значні недоліки пов'язані з роботою традиційних способів захисту від затоплення і підтоплення гідромеліоративних систем в гумідній зоні.

2. Дренажно-екранні модулі і ДЕМС при їх використанні є більш ефективними способами регулювання РГВ на межі гідромеліоративних систем порівняно з традиційними способами захисту від затоплення і підтоплення територій і, більше того, усувають негативний (небажаний) вплив гідромеліоративних систем на довкілля.

3. Досліджена і запропонована технологія захисту від підтоплення ГМС ґрунтовими водами, з використанням ДЕМС може застосовуватися у виробничих умовах як альтернатива існуючим способам захисту меліорованих земель від підтоплення і затоплення.

4. Проведення більш глибоких досліджень у виробничих умовах дозволить відмовитися не тільки від нагріно-ловильних каналів, але і від регулюючих споруд на них, а також дозволить реконструювати існуючі та проектувати нові гідромеліоративні системи з використанням ДЕМС, разом з тим покращати умови експлуатації гідромеліора-



тивних систем і проведення с.-г. робіт на землях ГМС.

1. Мелиорация: Энциклопедический справочник / под общей редакцией А. И. Мурашко. – Минск : Белорусская советская энциклопедия, 1985. – 566 с. 2. Ткачук М. М. Технологія захисту гідромеліоративних систем від підтоплення ґрунтовими водами з використанням дренажно-екранних модулів / Ткачук М. М., Немоловська Н. А., Ткачук Р. М. // Вісник НУВГП. Збірник наукових праць. – Вип. 1(73). Серія «Технічні науки». – Рівне : НУВГП, 2016. – С. 34–40. 3. Аверьянов С. Ф. Расчет понижения и подъема грунтовых вод при осушении системой каналов (дрен) / Аверьянов С. Ф. // Гидротехника и мелиорация. – 1957. – № 12. – С. 49–61. 4. Патент України на винахід № 36322А МПК E02B11/00. Дренажно-екранний модуль / Ткачук М. М., Ткачук Р. М. – 2001. – Бюл. № 3. 5. Деклараційний патент на корисну модель № 112501 МПК E02B 11/00. Дренажно-екранно-модульна система з суміжними дренами / Ткачук Р. М., Ткачук М. М. – 2016. – Бюл. № 24. 6. Ткачук М. М. Використання водонепроникних екранів спільно з закритими дренами / Ткачук М. М., Бабич М. Я., Ткачук Р. М. // Меліорація і водне господарство України. Зб. наук. праць. – Вип. 87. – Київ : Аграрна наука, 2001. – С. 209–215. 7. Ткачук Н. Н. Осушительная система с дренами различной глубины / Ткачук Н. Н. // Мелиорация и водное хозяйство. – № 5. – Москва, 1988. – С. 43–47. 8. Мурашко А. И. Горизонтальный пластмассовый дренаж / Мурашко А. И. – Мн. : Ураджай, 1973. – 208 с.

Рецензент: д.т.н., професор Кожушко Л. Ф. (НУВГП)

**Tkachuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Tkachuk R. M.,
Candidate of Engineering** (National University of Water and
Environmental Engineering, Rivne)

PROTECT TECHNOLOGY OF THE HYDROMELIORATION LAND FROM FLOODING GROUNDWATER OF USING DRAINAGE SCREEN-MODULES SYSTEMS

**The technology regulation of ground water via drainage screen-
modules, which allows the use of drainage systems to limit flooding.
Keywords: technology protection against flooding, land irrigation and
drainage, drainage screen-modules, groundwater.**

Ткачук Н. Н., д.т.н., професор, Ткачук Р. М., к.т.н.
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно)

СПОСОБ ЗАЩИТЫ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ И ПОДТОПЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕНАЖНО-ЭКРАННО-МОДУЛЬНЫХ СИСТЕМ

Приведен способ регулирования уровней грунтовых вод с помощью дренажно-экранны-модульных систем, использование которой позволяет ограничивать затопление и подтопление гидромелиоративных территорий.

***Ключевые слова:* способ защиты, затопление, подтопление, гидромелиоративные территории, дренажно-экранны-модульные системы, уровни грунтовых вод.**
