

УДК 631.672.3:627.826

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ВИДУ  
РЕМОНТНОВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА РЕГУЛЮЮЧИХ  
БАСЕЙНАХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Чушкіна Ірина Вікторівна старший викладач

Орлінська Ольга Вікторівна д.г.н., професор, зав. кафедрою,

Максимова Наталія Миколаївна к.т.н., доцент

Карпенко Валерія Анатоліївна здобувач вищої освіти за спеціальністю

101 «Екологія», ОС «Бакалавр» Дніпровський державний аграрно-економічний університет м. Дніпро, Україна

Анотація. За результатами дослідження технічного стану гідротехнічних споруд (ГТС) за допомогою комплексу геофізичних методів запропоновано ранжувати об'єкти водогосподарської інфраструктури за першочерговістю поліпшення їх технічного стану. На підставі техніко-економічного обґрунтування обираються ремонтно-відновлювальні роботи на ГТС із застосуванням сучасних матеріалів та організаційно-технологічних підходів: найбільш коштовним є метод повних ремонтних робіт з заміною пошкоджених плит та протифільтраційної плівки; менш коштовним є ін'єкційне закріплення ґрунтів за допомогою протифільтраційної завіси; найменшу кошторисну вартість має комплекс методів з розчищенням деформаційних швів між плитами і суттєвих тріщин з подальшим закладанням в'язучих з полімерами.

Ключові слова: гідротехнічні споруди водогосподарського призначення, регулюючий басейн, магістральний канал, геофізичні методи, ремонтно-відновлювальні роботи, технічний стан, протифільтраційна завіса, деформаційні шви, в'язуче.

На сьогодні на більшій частині Дніпропетровської області водогосподарськомеліоративна інфраструктура потребує значних капіталовкладень для відновлення її технічного стану. Це обумовлено тривалим часом експлуатації за умов неналежного фінансування ремонтно-відновлювальних робіт гідротехнічних споруд водогосподарського призначення. Відзначимо, що переважна більшість зрошувальних систем (ЗС) побудована за часів «Масштабної програми розвитку меліорації» у 1966-1980 рр. Увага до експлуатаційної надійності і безпеки гідротехнічних

споруд класу наслідків СС1, до яких зокрема відносяться магістральні канали (МК) та регулюючі басейни (РБ) зрошувальних систем, майже не приділяється і зводиться лише до розрахункової оцінки імовірності їх відмови. До та після поливного періоду проводиться візуальний огляд РБ та МК ЗС, на підставі якого здійснюється поточний ремонт ГТС. Впровадження заходів, спрямованих на відновлення та розвиток зрошення, є одним з пріоритетних завдань Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради Європи від 23 жовтня 2000 р. «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики», а також враховуються в Загальнодержавній цільовій програмі розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року [1,2]. Вищезазначене підкреслює актуальність пошуку нових методів комплексної оцінки технічного стану і виявлення зон фільтрації в тілі ґрунтових ГТС сільськогосподарського призначення, що надасть змогу локалізувати і своєчасно відремонтувати ділянку, а, отже, продовжити строк експлуатації об'єкта і попередити підйом рівнів ґрунтових вод на прилеглих територіях. Оконтурення порушених ділянок тіла ГТС призведе до зменшення об'ємів ремонтно-відновлювальних робіт, а отже і до їх здешевлення. За Методикою проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб 317 водогосподарського призначення, наведеною у Посібнику до ВБН В.2.4-33-2.3-03- 2000 [3, с.41], пропонується діагностування зон підвищеної фільтрації в тілі земляних гребель, захисних дамб та ложі водосховищ за допомогою комплексу геофізичних методів: вертикальне електричне зондування (ВЕЗ), мікроелектрозондування, електропрофілювання, метод природного електричного поля. Нажаль, наведені вище не руйнуючі методи є високо затратним за часом та трудовими ресурсами, що обумовлює економічну недоцільність їх впровадження на РБ та МК ЗС [4,5,6]. В роботах авторів [7,8,9] докладно наведені результати оцінки технічного стану ГТС МС за допомогою комплексу геофізичних методів природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ПЕМПЗ) та ВЕЗ. Перший із зазначених методів рекомендовано для виявлення зон зосередженої фільтрації у ДБН А.2.1-1-2014 [10, с.28]. Наприклад в результаті проведення моніторингових спостережень за технічним станом РБ-1 Калинівської ЗС, розташованого у Синельниківському районі Дніпропетровської області, та еколого-меліоративним станом прилеглих до нього земель отримано наступне: ширина першої зони фільтрації, виявленої в тілі дамби, становить 45-48 м, другої зони фільтрації – 10 м, третьої зони фільтрації – 33 м. Сумарна довжина виявлених ділянок дамб, що знаходяться у порушеному стані і

потребує першочергових ремонтно-відновлювальних робіт складає 88-91 м або 28-29 % від загальної довжини чотирьох дамб басейну, розміром 76,1 м × 80,6 м по гребеню. У 2014 р. виконана оцінка технічного стану магістрального каналу МК-4 Солоняно-Томаківської зрошувальної системи (СТЗС) біля с. Григорівка Дніпропетровської області [11, с.44]. Загальна довжина двох профілів, які були прокладені на кожній дамбі в прямому і зворотному напрямках, становила 7560 м. За результатами комплексної зйомки виявлено, що магістральний канал МК-4 СТЗС біля с. Григорівка знаходиться у незадовільному технічному стані. Огляд його відкосів і дна разом з результатами досліджень ПЕМПЗ та ВЕЗ свідчать про суттєву порушеність гідроізоляції на багатьох ділянках. Найбільш порушеним є 318 лівий відкіс на ділянці після повороту до НСП-3 (після ПК 17+85), де потрібен першочерговий ремонт захисного екрану. Отже, попередня оцінка технічного стану ґрунтових ГТС за допомогою комплексу менш трудомістких геофізичних методів, що докладно розглянуто в роботах [7,8,9], надає можливість умовно розділити виявлені зони фільтрації в тілі ГТС на дві групи. 1. Перша група представлена ділянками, де спостерігаються процеси наявної фільтрації, наприклад, спричиненої деформацією плит облицювання чи розриву протифільтраційної плівки тощо. В таких місцях необхідно проводити традиційний повний цикл ремонтно-відновлювальних робіт з заміною плит та протифільтраційної плівки. За даними проведених досліджень [7, с.204] такі зони на РБ та МК складають 30-50%. Таким чином це дозволить на 50-70% зменшити кошторисну вартість ремонтно-відновлювальних робіт. 2. Для усунення втрат в прихованих зонах фільтрації, де візуально не фіксується пошкодження плит та протифільтраційної плівки пропонується два більш дешевих комплекси методів поліпшення технічного стану ГТС: по перше, відновлення деформаційних швів і закладання значних тріщин у облицюванні за використанням суміші з глинистих ґрунтів і полімерів; по друге, передбачити не лише відновлення функціонального призначення протифільтраційного облицювання, але й улаштування протифільтраційної завіси у підніжжя ділянок дамб РБ та МК, які знаходяться в порушеному стані. На першому етапі кожного з комплексів необхідно провести розчищення деформаційних швів між плитами там, де пошкоджена протифільтраційна плівка. Після розчищення шви закладають глинами або важкими суглинками з полімерними в'язучими. Це дозволить зменшити фільтрацію крізь деформаційні шви між плитами. Для зменшення фільтрації крізь відкоси на другому етапі пропонується фізикомеханічне, хімічне або електрохімічне ущільнення ґрунтів дамб регулюючих басейнів та магістральних каналів. Ці методи достатньо ефективно використовуються в

будівництві на лесових та глинистих ґрунтах. 319 Методи покращання властивостей порід зазвичай спрямовані на відновлення їхньої монолітності й щільності, підвищення міцності і стійкості, зниження деформаційності і водопроникності. Вони полягають головним чином у цементації, глинизації та бітумізації, а для тимчасового покращання і у заморожуванні. Метод цементації полягає в тому, що в породи нагнітають цементний розчин через спеціально пробурені свердловини, стовбури яких попередньо старанно промоли водою. Цементний розчин проникає у тріщини й порожнини, тужавіє з породою, твердіє і додає їй монолітності, щільності, стійкості і міцності та значно знижує деформаційність і водопроникність. Більш коштовними є хімічні або електрохімічні методи. До перших відноситься ін'єкційне закріплення ґрунтів, яке забезпечує значне підвищення водостійкості, довговічності і міцності [13]. На відміну від методів ущільнення, ін'єкційне закріплення суттєво впливає на структуру ґрунтів. Під час ін'єкційного закріплення введені суміші або розчини утворюють у масивах ґрунту міцні структурні зв'язки, що забезпечує зменшення коефіцієнтів фільтрації та вологості. Хімічні методи закріплення ґрунтів застосовані на взаємодії між хімічними реагентами та активною частиною ґрунту. Електрохімічні засоби налаштовані на укріплення суглинистих та глинистих ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації менше ніж 0,3 м/добу [14, с.36]. Електрохімічні засоби підрозділяються на три напрямки: електроосмотичне осушення, електрохімічне закріплення та електросилікатизація. Перший метод використовує сумісну дію постійного електричного струму та голкофільтрового водопониження. В цьому випадку в ґрунтах починаються фізико-хімічні процеси, які сприяють електроосмотичному руху води в порах [14, с.36]. Електрохімічне закріплення пропонує довготривалу дію постійного електричного струму на ґрунти, що сприяє ущільненню ґрунту біля анода, розрідженню біля катода, який потім теж починає ущільнюватися. Електросилікатизація складається з двох методів – силікатизації та електричної обробки. В цьому методі крізь ін'єктори під тиском вводяться силікатні розчини, а потім подається електричний струм. В якості електродів ін'єкторів 320 використовуються перфоровані труби діаметром 50 мм. Глибина їх занурення може змінюватися від 1 до 3 м. Під час використання таких труб відстань між електродами може складати 50-75 см [15, с.18]. В якості силікатних розчинів для ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації 0,1-0,5 м/добу автори робіт [15-17] пропонують застосовувати рідке скло  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  та хлористий кальцій  $\text{CaCl}_2$ , або фосфорну кислоту  $\text{H}_3\text{PO}_4$  з рідким склом. Апаратура та методика застосування електросилікатизації наводиться в роботах [15-17]. Проте вона не набула поширення на території України.

Найбільшого поширення в практиці для зменшення непродуктивних втрат води з об'єктів водогосподарської інфраструктури отримало застосування протифільтраційної завіси. Так, на прикладі РБ-1 КЗС розглянуті різні за трудомісткістю варіанти відновлення технічного стану ГТС, одним з яких є улаштування протифільтраційної завіси вздовж пошкоджених ділянок басейну, загальною довжиною 86,3 м згідно даних зйомки ПЕМПЗ. Передбачено буріння 22 свердловин діаметром 100 мм на глибину 6 м, до стовбура, яких нагнітається глинистий розчин. За зведеним кошторисом вартість ремонтновідновлювальних робіт складе 319,9 тис. грн. [13]. Кошторисна вартість менш затратних поточних ремонтних робіт на РБ-1 Калинівської ЗС, які передбачають розчищення деформаційних швів між плитами та суттєвих тріщин з подальшим закладанням в'яжучих з полімерами, склала 212,98 тис. грн [12]. Відновлення технічного стану ГТС водогосподарського призначення призведе до зменшення фільтраційних втрат, а отже, до більш раціонального використання водних ресурсів. Розрахунки фільтраційних втрат з РБ-1 КЗС виконано за відомою формулою Ведерникова В.В. Для визначення прогнозованих втрат води з ГТС, після відновлення технічного стану, використані різні коефіцієнти фільтрації у відповідності до запланованих ремонтних робіт: для повного комплексу ремонтновідновлювальних робіт – за даними діючого стандарту ДБН В.2.4-1-99 [18, с.37], для протифільтраційної завіси – згідно [19, с.234], для поточного ремонту з закладанням деформаційних швів та суттєвих тріщин – [12] (табл. 1).

Види робіт	Повний комплекс ремонтновідновлювальних робіт	Протифільтраційна завіса	Закладання деформаційних швів до ремонту після ремонту	Закладання деформаційних швів до ремонту після ремонту після ремонту	Загальні капіталовкладення, грн.
Вартість робіт на 1 п.м.	8135	3707	2468	212984	702078
Питомі втрати води, Qп, м <sup>3</sup> /добу	1,87	0,13	1,87	0,19	1,87
Добові втрати води, Q доб, м <sup>3</sup> /добу	161,3	11,92	161,3	16,13	161,3
Місячні втрати води, Q міс, м <sup>3</sup> /міс	4840	337	4840	484	4840
Річні втрати води, Q рік, м <sup>3</sup> /рік	24200	1683	24200	2420	24200
Вартість фільтраційних втрат води, грн	96800	6732	96800	9680	96800
Різниця втрат води до та після ремонту, грн.	90068	87120	89028		
Термін окупності капіталовкладень, рік	8	4	3		

За результатами розрахунків (табл. 1) отримано, що комплекс робіт з відновлення ГТС із заміною пошкоджених плит та протифільтраційної плівки 322 найдорожчий та має проектний термін окупності вісім років. Разом з тим, фільтраційні втрати після його проведення будуть мінімізовані. Влаштування протифільтраційної завіси та виконання поточного ремонту із закладанням

деформаційних швів дешевші, і термін окупності складає чотири та три роки відповідно. Підводячи підсумки розглянутим методам можна зробити наступні висновки. 1. Найбільш коштовним є метод повних ремонтних робіт з заміною пошкоджених плит та протифільтраційної плівки. На прикладі РБ-1 КЗС та МК-4 СТЗС була порахована кошторисна вартість ремонтних робіт з заміни плит та протифільтраційної плівки, які склали відповідно – 702,1 тис. грн. і 6 420,9 тис. грн. 2. Менш коштовним є ін'єкційне закріплення ґрунтів за допомогою протифільтраційної завіси, кошторисна вартість якої на прикладі РБ-1 КЗС склала 319,9 тис. грн. 3. Найменшу кошторисну вартість має комплекс методів з розчищенням деформаційних швів між плитами і суттєвих тріщин з подальшим закладанням в'язучих з полімерами, на прикладі РБ-1 КЗС кошторисна вартість склала 212,98 тис. грн. Таким чином вибір методів і засобів для покращення рівня технічної експлуатації ГТС водогосподарського призначення обґрунтовується технікоекономічними параметрами запропонованих варіантів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року: Закон України від 24.05.2012 р. № 4836-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17> (дата звернення: 12.05.2019).

2. Про затвердження Державної програми запобігання і боротьби з підтопленням земель: Постанова Кабінету Міністрів України від 29.04.2004 р. № 545 (Втрата чинності від 21.02.2007, підстава - 255-2007-п). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/545-2004-п> (дата звернення: 12.05.2019). 323

3. Методика проведення натурних обстежень земляних гребель і захисних дамб водогосподарського призначення. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000 «Регулювання русел річок. Норми проектування». Затверджено: наказом директора ІГіМ УААН за № 79 від 6 травня 2005 р. Київ: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2003. 36 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2809/1/nd121%20zah.pdf> (дата звернення: 23.02.2019).

4. Косиченко Ю.М., Сенчуков Г.А., Чураев А.А. Современные методы и средства контроля уровня безопасности мелиоративных систем и сооружений: научный обзор. Новочеркасск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (ФГБНУ «РосНИИПИМ»), 2012. 113 с.

5. Кроличенко В.В., Кроличенко О.В. Методы и средства контроля устойчивости гидротехнических сооружений. Известия высш. уч. завед. Раздел Геодезия и аэрофотосъемка. М.: 2006. № 3. С. 37-43.

6. Кулешов Г.Н. Рекомендации по оценке и обеспечению безопасности гидротехнических сооружений. Ташкент, 2009. 222 с.

7. Орлінська О.В., Чушкіна І.В., Пікареня Д.С. Моніторинг технічного стану регулюючого басейну Калинівської зрошувальної системи геофізичними методами. Природа для води: матер. Міжнарод. наук.- практ. конф. присвяченої дню водних ресурсів., 22 березня 2018р. Київ: ІВПіМ, 2018. С. 204-205.

8. Спосіб встановлення ділянок підвищеної фільтрації води з регулюючих басейнів зрошувальних мереж: пат. 101875 Україна МПК E02V 13/00 № u 2015 01587; заявл. 24.02.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19. (Орлінська О.В., Пікареня Д.С., Чушкіна І.В., Гапіч Г.В.).

9. Пікареня Д.С., Наконечный В.Г., Орлинская О.В., Чушкина И.В., Максимова Н. Н., Гапіч Г.В. Выявление зон фильтрации воды из оросительных систем геофизическим методом. Геосистемный подход к изучению природной среды Республики Казахстан: материалы междунар. науч.-практ. конф., 13-14 апреля 2018г. Казахстан: Астана, 2018. С. 26-30.

10. ДБН А.2.1-1:2014 Інженерні вишукування для будівництва. Проект, друга 324 редакція [на заміну ДБН А.2.1-1-2008; дата прийняття 24.03.2014; статус недіючий]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2014. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn\\_a\\_2\\_1\\_1\\_2014/1-1-0-1167](https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a_2_1_1_2014/1-1-0-1167) (дата звернення: 12.05.2019).

11. Чушкіна І.В., Загній Г.В. Визначення фільтраційних втрат з регулюючих басейнів та магістральних каналів в Дніропетровській області. Природа і вода: матеріали наук.-практ. конф., 22 березня 2018 р. Дніпро: ДДАЕУ, 2018. С. 44-46.

12. В'яжуче: пат. 107674 Україна, МПК C04B 28/08. № u 2015 09453; заявл. 01.10.2015; опубл. 24.06.2016, Бюл. № 12. (Любченко В.В., Чушкіна І.В., Гришко Г.М., Рудаков Л.М., Бегун О.І., Дерев'янку В.М.).

13. Розчин для протифільтраційної завіси: пат. 102040 Україна, МПК E 02 B 3/16. № u 2015 04103; заявл. 28.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19. (Мартиненко Т.В., Чушкіна І.В., Гришко Г.М., Кухарук П.В., Рудаков Л.М., Бегун О.М., Дерев'янку В.М., П'ятниця І.В.).

14. Бондаренко В.И., Пивняк Г.Г., Зорин А.Н. Закономерности омоноличивания рыхлых водонасыщенных пород под. воздействием

электрического тока. Диплом на открытие № 1211. Научное открытие. Москва: 1996. С. 36-37.

15. Простов С.М., Демьянов В.В., Покатилов А.В. Техническое обеспечение технологии электрохимического закрепления влагонасыщенных глинистых грунтов. Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2006. № 3. С. 18-22. URL: <https://vestnik.kuzstu.ru/index.php?page=articles&id=1001> (дата звернення: 06.06.2019).

16. Покатилов А.В., Простов С.М. Контроль процессов электрохимического закрепления влагонасыщенных глинистых грунтов электрофизическим методом. Вестник КузГТУ. 2006. № 4. С. 15-19.

17. Простов С.М., Никулин Н.Ю. Закономерности изменения физических свойств грунтового массива при экспериментальном электрохимическом закреплении. Физикотехнические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. №5. С. 59-68.

18. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. [На заміну СНіП 2.06.03-85 325 Мелиоративные системы и сооружения, СНіП 3.07.03-85 Мелиоративные системы и сооружения; чинний з 01.01.2000]. Вид. офіц. Київ: Держбуд України, 2000. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/84.1.%20ДБН%20В.2.4-1-99.%20%20Меліоративні%20системи%20та%20споруди.pdf> (дата звернення: 12.05.2019).

19. Ольховик О. І., Білецький А. А. Технологія будівництва гідротехнічних, водогосподарських та природоохоронних споруд : навч. посібник [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2019. – 377 с.