

УДК 691.175:699.8

*Коваленко О.В., канд. техн. наук,
зав. лабораторії,
Інститут водних проблем і меліорації,
м. Київ*

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ОСНОВ ВЕДЕННЯ РЕМОНТНО-ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ ВОДОГОСПОДАРСЬКО-МЕЛІОРАТИВНИХ СИСТЕМ

Відповідно до Закону України „Про загальнодержавну програму розвитку народного господарства” та прийнятої галузевої програми розвитку меліорації земель головним напрямом реалізації науково-технічної політики подальшого розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу країни є реконструкція і удосконалення існуючих гідромеліоративних систем і, зокрема, гідротехнічних споруд (ГТС) на цих системах, застосування нових екологічно безпечних технологій.

Досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур на меліорованих землях, значним чином, залежить від безвідмовної роботи ГТС, які є невід’ємною складовою меліоративних систем.

Безвідмовна робота ГТС, в свою чергу, гарантується високими експлуатаційними властивостями і довговічністю їх елементів, високою стійкістю споруд в агресивних умовах експлуатації.

Разом з тим більша частина існуючих ГТС вже відпрацювала 1,5-2 терміни експлуатації, зазнала значних руйнувань: тріщини різної ширини розкриття, розущільнені зони, ділянки з підвищеною пористістю, дефекти в стикових з’єднаннях конструкцій (рис.1). Такі пошкодження є негативним чинником експлуатаційної надійності споруд, погіршують їх функціонування і є основними осередками фільтраційних втрат [1].

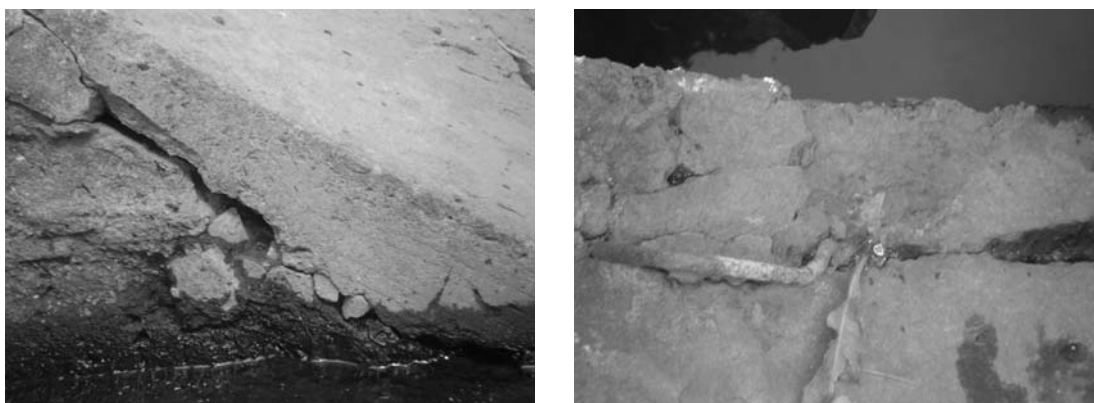


Рисунок 1 - Пошкодження залізобетонних споруд меліоративних систем

На сьогодні відсутній постійний контроль за технічним станом бетонних та залізобетонних споруд меліоративних систем, оперативні та профілактичні ремонтно-відновлювальні роботи проводяться несвоєчасно та часто з використанням звичайних цементно-піщаних розчинів. Відремонтовані таким малоефективним способом ділянки на наступний рік знову потребують ремонту.

Недостатня якість планово - попереджувальних ремонтно-відновлювальних робіт може привести до повної зупинки і тотального руйнування споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Аналіз результатів наукових досліджень та практичного досвіду свідчить, що подальша робота в цих напрямках повинна бути спрямована на вдосконалення та розробку комплексних методів діагностики технічного стану гідротехнічних споруд меліоративних систем та технологій ведення ремонтно-відновлювальних робіт із використанням ефективних композиційних матеріалів. Отже, необхідна експлуатаційна надійність ГТС базується на двох основних складових: системна діагностика пошкоджень та технології оперативного відновлення функціональних властивостей конструкцій споруд.

Мета і методи досліджень. Метою роботи є, по-перше: дослідження і впровадження неруйнівних методів діагностики технічного стану бетонних та залізобетонних споруд на основі визначення електрофізичних параметрів складових елементів ГТС, що дозволяють фіксувати природні фізичні поля, та природні зміни електричних потенціалів при фільтрації води крізь конструкції в навколишнє середовище; по-друге: розробка і впровадження нових ефективних композиційних матеріалів та технологій їх використання для підвищення експлуатаційної надійності та довговічності водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Для досягнення мети проведені аналітичні, лабораторні та натурні дослідження процесів фільтрації води крізь бетонні та залізобетонні конструкції ГТС, виявлені загальні закономірності зміни структури бетону гідромеліоративних споруд в процесі експлуатації; розроблені способи регулювання структури пошкодженого бетону за рахунок відновлення полімерними та полімерцементними ремонтними композиціями, вивчені фізико-хімічні особливості створення полімервміщуючих композицій як матеріалів для ремонту та відновлення ГТС.

Проведений комплекс досліджень спрямований на розробку наукових основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах із застосуванням новітніх матеріалів та технологій, обґрунтування напрямів реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу, розроблення техніко-технологічні засад підвищення їхньої ефективності та довговічності.

Нові методи діагностики, нові композиційні матеріали та технології їх використання (рис. 2) пройшли виробничу перевірку та підтвердили свою ефективність і рекомендовані до впровадження в практику експлуатації гідротехнічних споруд меліоративних систем при їх ремонті та реконструкції.

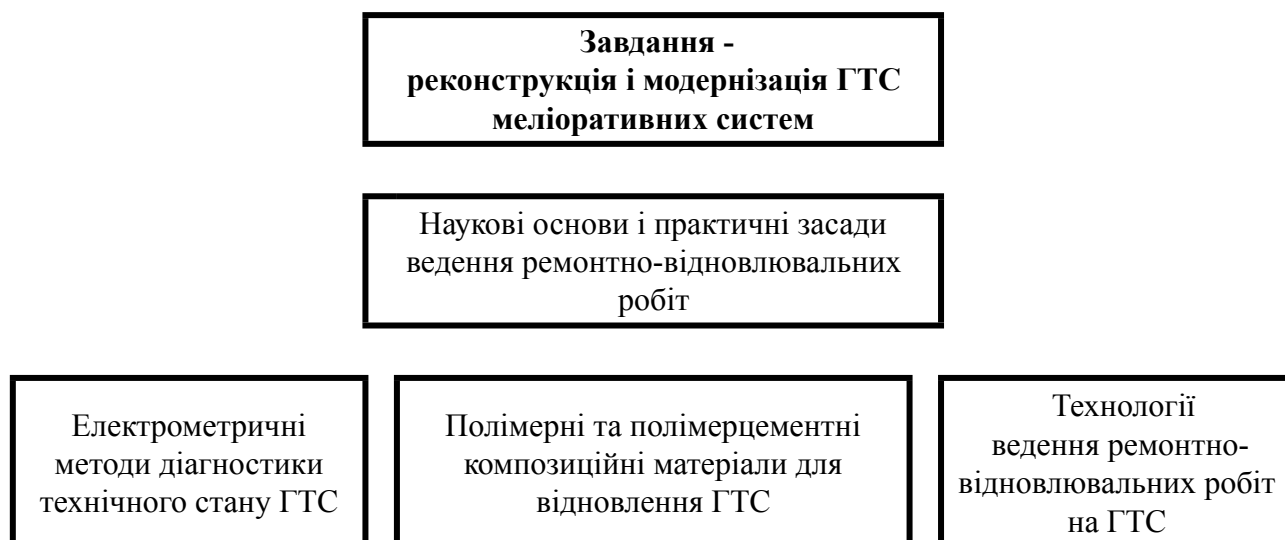


Рисунок 2 - Напрямки досліджень

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Результати досліджень. Проведені дослідження показали, що для визначення технічного стану ГТС, пошуку місць фільтрації води крізь бетонні та залізобетонні споруди найбільш доцільними і прийнятними є електрофізичні та електрохімічні методи встановлення шляхів несанкціонованих витоків [2].

Основу їх складають методи та різновиди геофізичної розвідки: електро-, магніто-, та сейсморозвідка в комплексі з електрохімічними методами дослідження корозійного стану залізобетону. Розроблено та в натурних умовах відпрацьовано технології визначення місць фільтраційних втрат через залізобетонні облицювання каналів меліоративних систем (табл. 1).

Таблиця 1 - Технології визначення місць фільтраційних втрат

Види технологій	Визначення та вимірювання	Прилади та обладнання
Визначення корозійного стану арматури та бетону	Визначення потенціалів: арматура-бетон; арматура-земля; бетон-бетон; бетон-земля; поляризації; агресивності середовища	Спеціалізований цифровий мультиметр М-43313, мідносульфатні електроди (МСЕ) для польових вимірів з поверхні ґрунту та поверхні бетону
Застосування “методів опорів”	Корозійна агресивність середовища питомих електроопорів вміщуючих ґрунтів	Вимірювачі М 416, Ф 4103-М1, сталеві та мідні електроди спеціальної конструкції
Застосування методів природного електричного поля (ПЕП)	Зйомка ПЕП вздовж укосів каналів; залізобетонних плит облицювань Електрохімічні випробування зразків облицювань в лабораторних умовах	Магнітометр: ММП-203 – протонний пішохідний спеціалізований цифровий мультиметр 43313, мідносульфатні електроди (МСЕ) для польових вимірів з поверхні ґрунту, поверхні бетону та поверхні води.

Крім цього, розроблені нові ремонтні композиції: просочувальні, ін’єкційні, омонолічуючі, герметизуючі та тампонажні (рис. 3). Вони призначені для відновлення елементів ГТС меліоративних систем, що зазнали різного виду пошкоджень. Розробка нових ремонтних матеріалів базується на використанні композицій, які містять в своєму складі поліізоціанати [3,4].

РЕМОНТНІ КОМПОЗИЦІЇ				
<i>Просочувальні</i>	<i>Ін’єкційні</i>	<i>Омонолічуючі</i>	<i>Герметизуючі</i>	<i>Тампонажні</i>
стирол-ізоціанатні	епокси-ізоціанатні, силікат-ізоціанатні	епокси-ізоціанатні, силікат-ізоціанатні	епоксиуретан-бітумні	полімерцементні

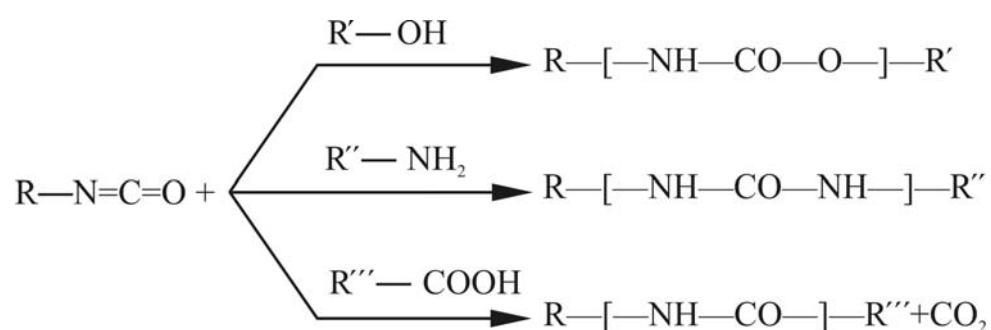
Рисунок 3 - Нові полімерні та полімерцементні композиції для ремонту та відновлення споруд меліоративних систем

Як показали дослідні роботи, застосування поліізоціанатів без додаткової модифікації, як ремонтних композицій для водонасиченого бетону, має ряд недоліків: низька адгезія до бетону, недостатні міцнісні показники.

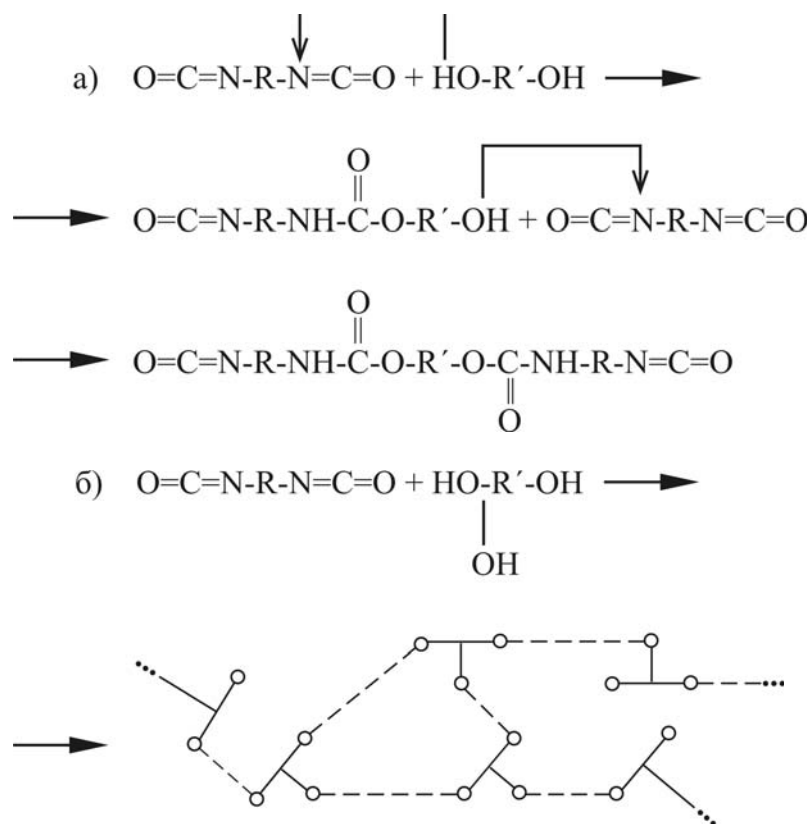
Ефективне використання поліізоціанатів для ремонту водонасиченого бетону можливе при поєднанні його в композиціях з іншими реакційноздатними компонентами. Так під дією каталітичних систем аніонного типу ізоціанати здатні розкривати N=C— зв'язки і утворювати циклічні димери і тримери, а також лінійні гомополімери. Твердіння таких композицій відбувається за рахунок хімічної взаємодії NCO-груп з активними групами інших компонентів.

Під дією третичних амінів ізоціанати розкривають N=C— зв'язки і утворюють композити з високими показниками фізико-механічних властивостей.

Реакція поліаддукції з гідроксильними, амідними та іншими групами, які мають активний водень проходять за схемою:



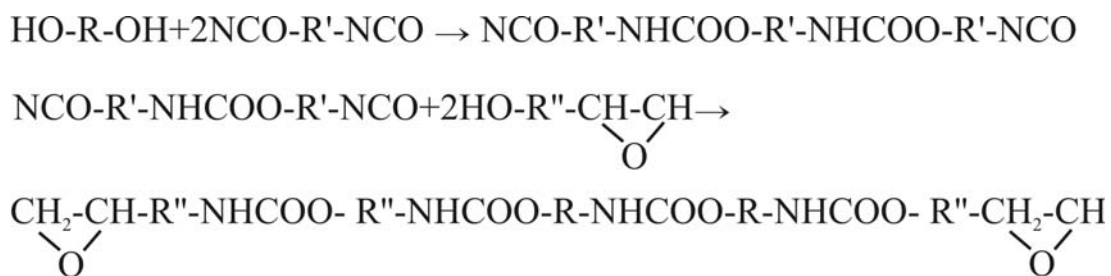
Підбираючи відповідні вихідні компоненти можна одержати різні просторові структури з необхідними оптимальними властивостями:



Вказані властивості і стали основною передумовою створення нових ремонтних композицій, які представлені на схемі рис. 3 [3-4] та нових способів ремонту та захисту конструкцій [5].

Перспективною групою ремонтних матеріалів є композиції на основі епоксидно-уретанових полімерів. Епоксидно-уретанові полімери поєднують цінні властивості епоксидів: низьку усадку при твердінні, високу адгезію до різноманітних матеріалів, фізико-механічні показники з високими пружно-деформаційними характеристиками поліуретанів в умовах низьких температур, атмосферо- та корозійну стійкість.

Синтез епоксидно-уретанових олігомерів здійснюється у дві стадії – отримання макродіізоціанатів та їх взаємодія з гідроксильними групами епоксидних сполук типу епоксиспиртів:



З використанням методів комп'ютерного матеріалознавства проведено статистичний аналіз матриць експериментальних даних, який дозволив встановити вплив технологічних параметрів на адгезійні та міцнісні властивості ремонтних композицій, а також на фізико-механічні властивості відновленого бетону. В результаті проведених досліджень були визначені основні властивості розроблених композицій, які наведені в таблиці 2.

Розроблені технології ведення ремонтно-відновлювальних робіт із застосуванням нових композиційних матеріалів в залежності від виду пошкоджень, відпрацьована технологія визначення місць фільтраційних втрат через залізобетонні облицювання зрошувальних каналів в дослідно-виробничих умовах (табл. 3).

Методом експериментально-статистичного (ЕС)-моделювання оптимізовані технологічні параметри процесу поверхневого просочення, ін'єктування та тампонажу в залежності від показника пористості дефектної структури бетонної матриці, в'язкості ремонтної композиції та тиску нагнітання.

Встановлено, що методом поверхневого просочення стирол-ізоціанатними композиціями можна відновлювати дефектний бетон із залишковою вологістю до 10 % і пористістю 10-20%. Визначено, що ін'єктування силікат-ізоціанатними та епоксидно-ізоціанатними композиціями є ефективним методом відновлення як сухого, так і водонасиченого бетону при пористості 15-25%.

Дослідження режимів і параметрів віброактивації просочуваних та ін'єкційних композицій показали, що віброобробка з частотою 200 Гц і робочою амплітудою 0,1-0,5 мм підвищує швидкість проникнення ремонтного складу в дефектну зону і ступінь заповнення дефектів на 15-20%.

Дослідження показали, що при виконанні ремонтно-відновлювальних робіт методами омоноличування та герметизації спосіб підготовки до ремонту суттєво впливає на адгезійні характеристики ремонтних композицій. Адгезійна міцність епоксидно-ізоціанатних, епоксидно-уретан-бітумних композицій до бетону зростає на 20-25 % при обробці поверхні крупнозернистим абразивом. Підвищення адгезійних властивостей вказаних композицій спостерігається також внаслідок застосування попереднього праймерування поверхні бетону низьков'язкими реагентами, які в своєму складі містять реакційно-здатні до води поверхнево-активні речовини та утворюють міцні адгезійні зв'язки на межі адгезив-субстрат. Підвищення адгезійних зв'язків досягається при нанесенні омоноличуючих та герметизуючих композицій в той проміжок часу, в якому праймер знаходиться в стані „відлипу”. Життєздатність праймеру залежить від типу затверджувача.

Таблиця 2- Фізико-механічні та технологічні властивості розроблених композицій

Показники	Ремонтні композиції				
	Просочувальні (стирол-ізоціанатні)	Ін'єкційні (силікат-ізоціанатні, епоксид-ізоціанатні)	Омонолічуючі силікат-ізоціанатні, епоксид-ізоціанатні)	Герметизуючі (епоксид-уретан-бітумні)	Тампонажні (полімерцементні)
В'язкість, с	14-16	15-28	-	-	-
Рухливість, мм	-	-	-	-	190-250
Життєздатність, хв	≥120	60 - 150	120-180	150-300	≥ 300
Міцність при стиску, МПа	≥ 60-80	≥ 80 -100	≥ 100 -120	-	≥ 40
Адгезійна міцність, МПа	2,6 – 3,2	3,5 – 4,0	3,0 – 3,5	≥ 0,2	-
Відносне подовження при розтягу, %	-	-	-	≥ 200	-
Водопоглинання, %	-	0,1	0,3	0,1	-
Водонепроникність, W ₀	12 - 14	14 - 16	16 - 18	-	8 - 10
Морозостійкість, цикли	≥ 500	≥ 500	≥ 500	≥ 500	≥ 300

Таблиця 3 - Розроблені технології визначення місць фільтраційних втрат і ведення ремонтно-відновлювальних робіт

№ п/п	Технології	Композиційні матеріали	Отримані охоронні документи
1.	Поверхнєве просочування	стирол-ізоціанатні, епоксид-ізоціанатні, стирол-олігоєфір-акрилат-ізоціанатні композиції	Патенти України №№ 25179, 36948, 38242, 38243, 38245, 44449, 44450, 44451, 44473
2.	Напірна ін'єкція	епоксид-ізоціанатні, силікат-ізоціанатні композиції	Патенти України №№ 37031, 44574
3.	Омонолічування	епоксид-ізоціанатними, силікат-ізоціанатними композиції	Патенти України №№ 5408, 19073, 26905, 38244, 44572
4.	Герметизація	епоксид-уретанові, епоксид-уретанбітумні композиції	Патенти України №№ 38113, 44576
5.	Тампонаж	полімерцементні розчини	Патенти України №№ 19614, 31586, 37030, 38838, 44573
6.	Електрометричне визначення фільтрації води через облицювання зрошувальних каналів		Патенти України №№ 44474, 44571, 44575, 48071

Досліджено вплив технологічних параметрів (пластичної міцності, напруги зсуву, структурної в'язкості) розроблених полімерцементних тампонажних розчинів на властивості ущільненого ґрунту, укосів та берм меліоративних каналів. Встановлено, що введення в ґрунт закріплюючої тампонажної композиції поступово напірними струминами під тиском від 0,5 до 10 МПа сприяє збільшенню площі розповсюдження розчину і призводить до утворення однорідного по міцності та структурі моноліту та підвищення його міцності.

На основі проведених досліджень розроблені технологічні регламенти на виконання ремонтно-відновлювальних робіт на ГТС меліоративних систем методами поверхневого просочування, ін'єктування, тампонажу, омонолічування, герметизації та методика з визначення місць фільтраційних втрат з магістральних каналів.

Дослідно-виробнича перевірка технологій ведення ремонтно-відновлювальних робіт на ГТС меліоративних систем із застосуванням нових композиційних матеріалів та дослідне впровадження засобів і технологій визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів проводилась на об'єктах Бортницького міжрайонного управління водного господарства Держводгоспу України.

В результаті проведених досліджень було розроблено два нормативні документи, які введені в дію в 2010 році:

1. „Інструкція з технології ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах меліоративних систем із застосуванням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів” Наказ Держводгоспу України № 259 від 30.11.2010.

2. „Методика з визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів”. Наказ Держводгоспу України № 258 від 30.11.2010 .

В інструкції наведено класифікацію пошкоджень гідротехнічних споруд меліоративних систем, імовірні причини їх виникнення, технології ремонту та рекомендовані матеріали, що повинні застосовуватися для усунення цих пошкоджень.

Інструкція містить технічні вимоги до матеріалів, рекомендації по визначенню складів полімерних та полімерцементних композицій, тут наведено характеристику обладнання і технології виконання ремонтно-відновлювальних робіт, контроль їх якості, вказівки по охороні праці і техніки безпеки.

Методика містить вказівки з визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів і призначена для використання в системі водного господарства України будівельними і експлуатаційними організаціями, які здійснюють технічне обстеження та ремонтно-профілактичні заходи з метою підвищення довговічності і надійності гідромеліоративних систем, а також може використовуватись спеціалізованими дослідницькими лабораторіями та центрами.

В Методиці наведені основні етапи обстеження, порядок застосування електрохімічних методів, виконання електрометричних вимірів, аналіз та узагальнення даних, вказівки по охороні праці та додержання правил техніки безпеки.

Висновки

На основі проведених досліджень розроблені наукові основи та практичні засади ведення ремонтно-відновлювальних робіт на ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу за рахунок управління капілярно-пористою структурою пошкодженого бетону шляхом застосування новітніх полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів. На основі досліджень взаємозв'язків між структурою, ступенем водонасичення, станом поверхні пошкодженого бетону та рецептурно-технологічними параметрами процесу відновлення ГТС розроблені технології ведення ремонтно-відновлювальних робіт, які забезпечують необхідний рівень експлуатаційної надійності та довговічності споруд.

Застосування комплексу електророзвідувальних методів діагностики технічного стану ГТС, розробленого на основі вимірювань електрофізичних параметрів, дає змогу швидко і своєчасно встановлювати місця розвитку дефектів та корозійних пошкоджень облицювань меліоративних каналів та місця можливих фільтраційних витоків з точністю до 10 см за методами природного електричного поля і до 0,5 м за методами мікроелектрозондування та електропрофілювання.

Використання положень розроблених нормативних документів „Інструкції з технології ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах меліоративних систем із застосуванням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів” та „Методики з визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів” дозволить підвищити термін безаварійної експлуатації гідротехнічних споруд за рахунок своєчасної діагностики та застосуванні розроблених будівельних композиційних матеріалів та технологій при відновленні, реконструкції та модернізації ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко О.В., Вітковський Ю.А., Диль К.О. Технічний стан залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд меліоративних систем та методи його діагностики // Будівельні матеріали, вироби і санітарна техніка. -2009. - № 34.- С. 21-25.

2. Литвиненко П.Є., Коваленко О.В. Електрометричні методи визначення місць фільтраційних втрат на гідротехнічних спорудах меліоративних систем. // Меліорація і водне господарство. - Вип. 97. - 2009. - с. 209-220.

3. Коваленко О.В., Дехтяр О.О., Шаршунов А.Б., Брюзгіна Н.Д., Вітковський Ю.А. Нові композиційні матеріали та технології ремонту гідротехнічних споруд меліоративних систем. // Водне господарство України №6. - 2009. - С. 57-58.

4. Коваленко О.В., Шаршунов А.Б., Дехтяр О.О. Фізико-хімічні особливості створення силікат-ізоціанатних композицій для відновлення водонасичених бетонних конструкцій гідротехнічних споруд // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка –Вип. № 25. – 2007. - С. 47-52.

5. Коваленко О.В., Литвиненко П.Є. Фізико-хімічні особливості створення епоксидно-ізоціанатних композицій для відновлення водонасичених конструкцій гідротехнічних споруд // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. –Вип. № 41. – 2011. - С. 67-73.