

УДК 691.175:699.8

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ СПОРУД

О.О. ДЕХТЯР, П.Є. ЛИТВИНЕНКО, О.В. КОВАЛЕНКО, Н.Д. БРЮЗГІНА

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Висвітлено результати досліджень, спрямованих на підвищення експлуатаційної надійності, екологічної безпеки та довговічності гідротехнічних споруд меліоративного комплексу.

Ключові слова: експлуатаційна надійність, композиційні матеріали, технологія, ремонтно-відновлювальні роботи, електрофізичні, електрохімічні методи, гідротехнічні споруди (ГТС)

Актуальність проблеми. Успішна реалізація науково-технічної програми подальшого розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу України неможлива без надійного функціонування, реконструкції і модернізації діючих меліоративних систем.

У зв'язку з цим актуальним є підвищення експлуатаційної надійності, екологічної безпеки та довговічності меліоративних гідротехнічних споруд. Особливу увагу слід приділити питанням оперативного усунення локальних структурних пошкоджень у монолітних бетонних та збірних залізобетонних

© О.О. Дехтяр, П.Є. Литвиненко, О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна, 2011
Меліорація і водне господарство. 2011. Вип. 99

конструкціях меліоративних систем, а саме: тріщин різної ширини розкриття, розущільнених зон, ділянок з підвищеною пористістю, дефектів у стикових з'єднаннях конструкцій (рис. 1, а, б). Такі пошкодження є негативним чинником експлуатаційної надійності споруд, погіршують їхнє функціонування і є основними осередками фільтраційних втрат [1].

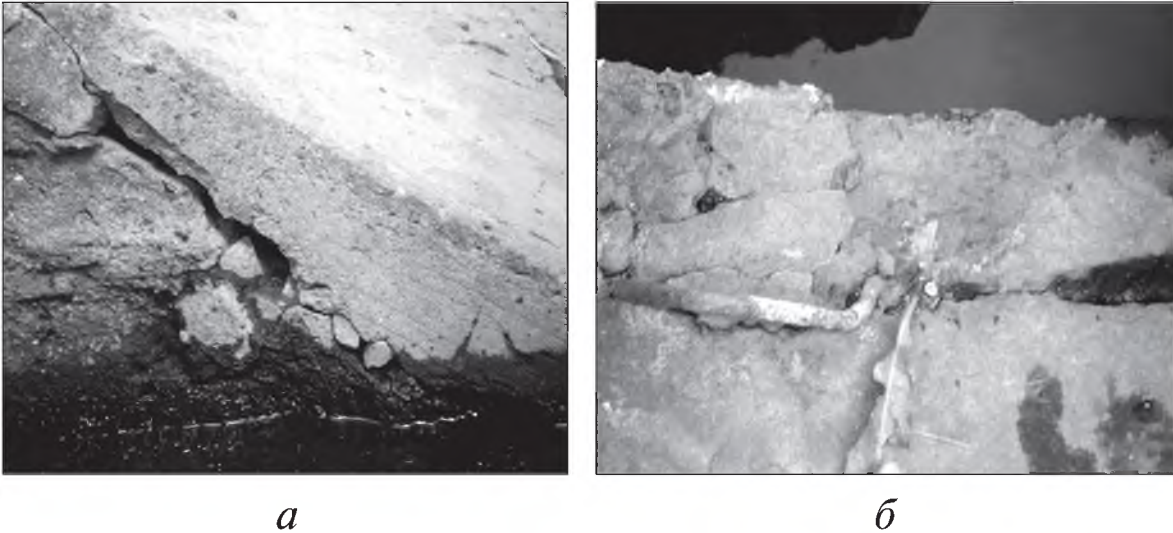


Рис.1. Пошкодження залізобетонних споруд меліоративних систем:
а – тріщини різної ширини розкриття; б – дефекти у стикових з'єднаннях

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

Недостатня якість планово-попереджувальних ремонтно-відновлювальних робіт може призвести 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 і технологій ведення ремонтно-відновлювальних робіт із використанням ефективних композицій-

них матеріалів [2, 3]. Отже, необхідна експлуатаційна надійність ГТС ґрунтується на двох основних складових: системній діагностиці 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 дасть змогу фіксувати природні фізичні поля та природні зміни електричних потенціалів при фільтрації води крізь конструкції в навколишнє оточуюче середовище, по-друге, розробка і впровадження нових ефективних композиційних матеріалів та технологій їхнього використання для підвищення експлуатаційної надійності й довговічності водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Для досягнення мети було проведено аналітичні, лабораторні та натурні дослідження процесів фільтрації води крізь бетонні та залізобетонні конструкції, вивчено фізико-хімічні особливості формування структури бетону, визначено фізико-механічні та технологічні властивості композиційних матеріалів для ремонту і відновлення гідротехнічних споруд меліоративних систем.

В Інституті нами проведено **комплекс досліджень**, спрямованих на розробку наукових основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах із застосуванням новітніх матеріалів та технологій; обґрунтовано напрями реконструкції гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу, розроблено техніко-технологічні засади підвищення їхньої ефективності та довговічності (рис. 2).

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.

Основу їх складають методи та різновиди геофізичної розвідки: електро-, магніто-, та сейсморозвідка в комплексі з електрохімічними методами дослідження корозійного стану залізобетону [5].

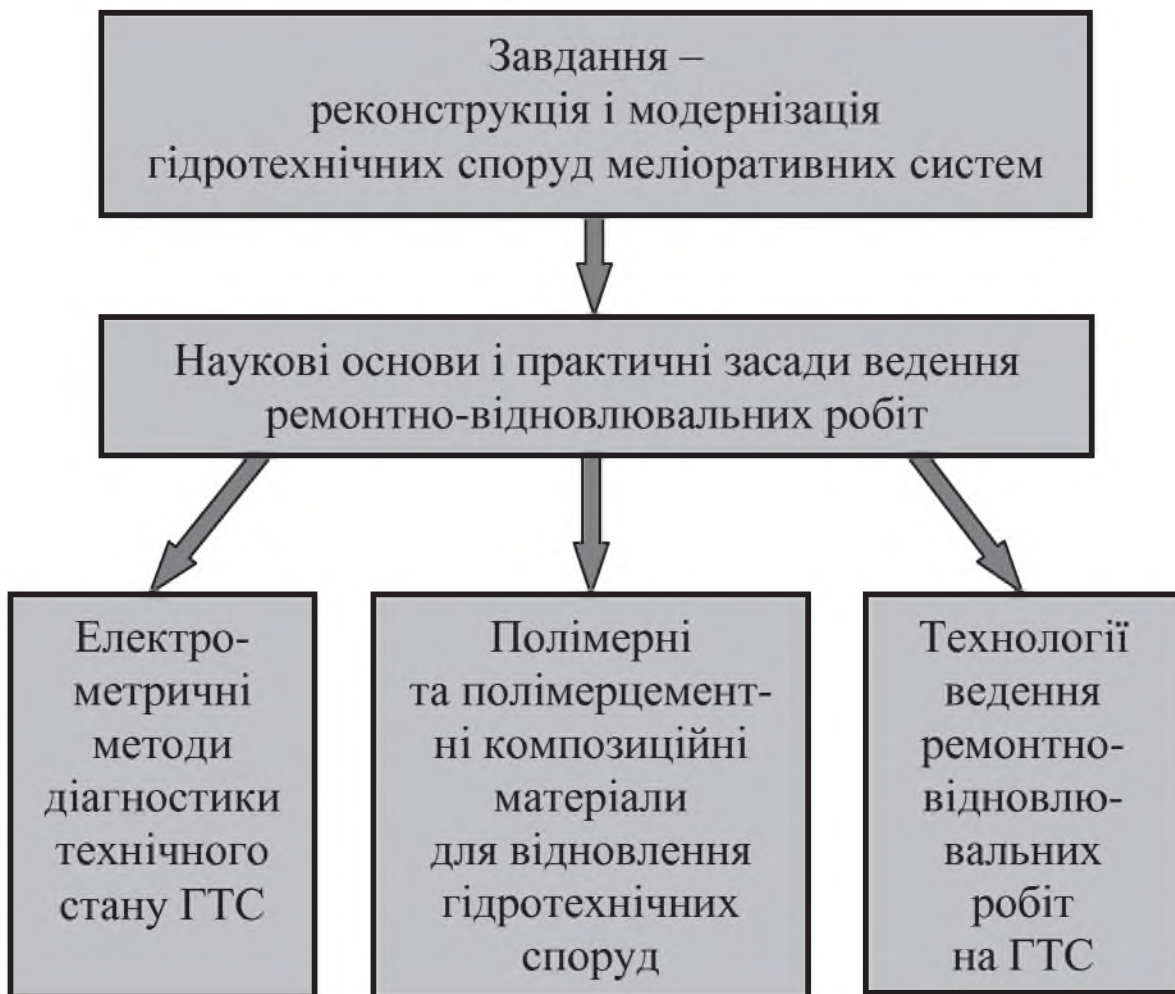


Рис. 2. Напрямки досліджень

Розроблено та в натурних умовах відпрацьовано технології визначення місць фільтраційних втрат через залізобетонні облицювання каналів меліоративних систем (табл. 1).

Крім цього фахівцями лабораторії розроблено нові ремонтні композиції: просочувальні, ін'єкційні, омоноличувані, герметизуючі та тампонажні для відновлення елементів гідротехнічних споруд меліоративних систем, що зазнали різного виду пошкоджень (рис. 3) [4–7]. На розроблені матеріали отримано патенти України.

З використанням методів комп'ютерного матеріалознавства проведено статистичний аналіз матриць експериментальних даних, який дав змогу визначити вплив технологічних параметрів на адгезійні та міцнісні властивості ремонтних композицій, а також на фізико-механічні властивості відновленого

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 електропорів вміщувальних ґрунтів	Вимірювачі М-416, Ф 4103-М1, сталеві та мідні електроди спеціальної конструкції
Застосування методів природного електричного поля (ПЕП)	Зйомка ПЕП уздовж укосів каналів; залізобетонних плит облицювань. Електрохімічні випробування зразків облицювань у 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

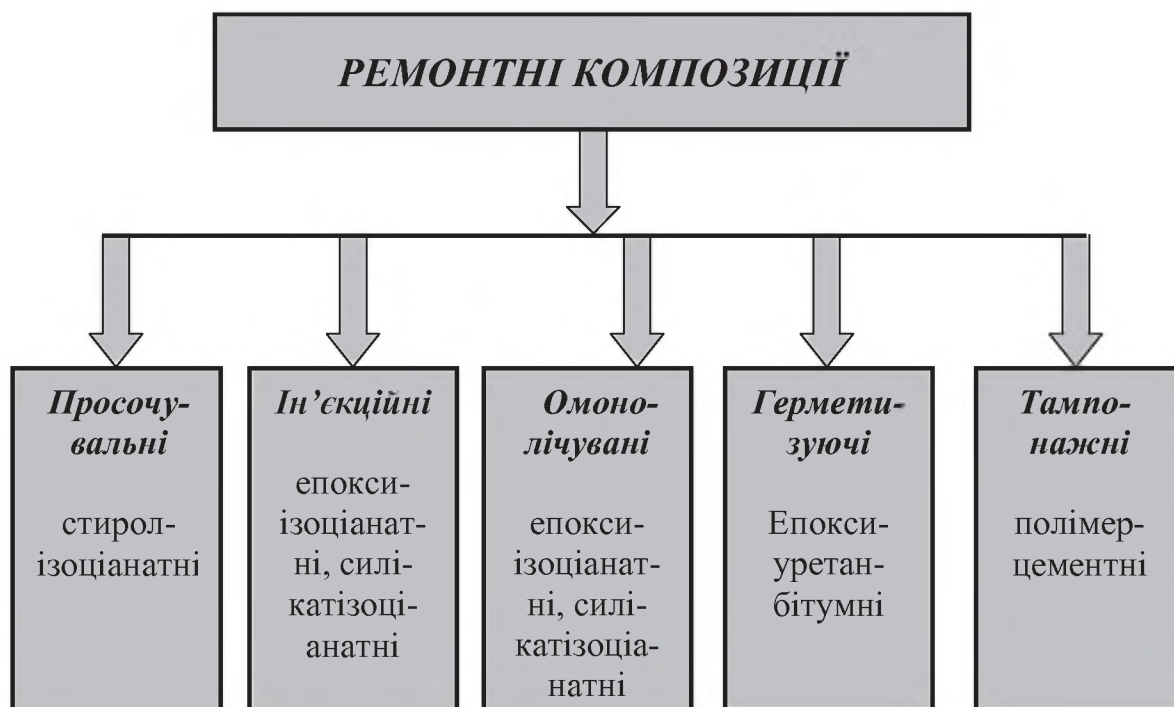


Рис. 3. Нові полімерні та полімерцементні композиції для ремонту та відновлення споруд меліоративних систем

бетону. У результаті проведених досліджень визначено основні властивості розроблених композицій, наведених у *табл. 2*.

2. Фізико-механічні та технологічні властивості розроблених композицій

Показники	Ремонтні композиції				
	Просочувальні (стиролізоціанатні)	Ін'єкційні (силікатізоціанатні, епоксіізоціанатні)	Омонолізовані силікатізоціанатні, епоксіізоціанатні)	Герметизуючі (епоксиуретанбітумні)	Тампонажні (полімерцементні)
В'язкість, Ст	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

Розроблено технології ведення ремонтно-відновлювальних робіт із застосуванням нових композиційних матеріалів залежно від виду пошкоджень, відпрацьовано технологію визначення місць фільтраційних втрат через залізобетонні облицювання зрошувальних каналів у дослідно-виробничих умовах (*табл. 3*).

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

Встановлено, що методом поверхневого просочення стиролізоціанатними композиціями можна відновлювати дефек-

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

Технології	Композиційні матеріали	Отримані охоронні документи
Поверхнєве просочування	Стиролізоціанатні, епоксизоціанатні, стирололігоефір-акрилатізоціанатні композиції	Патенти України №№ 25179, 36948, 38242, 38243, 38245, 44449, 44450, 44451, 44473
Напірна ін'єкція	Епоксизоціанатні, силікатізоціанатні композиції	Патенти України №№ 37031, 44574
Омонолічування	Епоксизоціанатні, силікатізоціанатні композиції	Патенти України №№ 5408, 19073, 26905, 38244, 44572
Герметизація	Епоксиуретанові, епоксиуретанбітумні композиції	Патенти України №№ 38113, 44576
Тампонаж	Полімерцементні розчини	Патенти України №№ 19614, 31586, 37030, 38838, 44573
Застосування протиобростальних захисних покриттів		Патент України № 19198
Електрометричне визначення фільтрації води через облицювання зрошувальних каналів		Патенти України №№ 44474, 44571, 44575, 48071

тний бетон із залишковою вологістю до 10% і пористістю 10–20%. Визначено, що ін'єктування силікатізоціанатними та епоксизоціанатними композиціями є ефективним методом відновлення як сухого, так і водонасиченого бетону при пористості 15–25%.

Дослідження режимів і параметрів віброактивації просочувальних 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%.

Встановлено, що при виконанні ремонтно-відновлюваль-

них робіт методами омонолічування та герметизації спосіб підготовки до ремонту істотно впливає на адгезійні характеристики ремонтних композицій. Адгезійна міцність епоксизоціанатних, епоксиретанбітумних композицій до бетону зростає на 20–25% при обробці поверхні крупнозернистим абразивом. Підвищення адгезійних властивостей указаних композицій спостерігається також унаслідок застосування попереднього праймерування поверхні бетону низьков'язкими реагентами, які в своєму складі містять реакційно здатні до води поверхнево-активні речовини, що утворюють міцні адгезійні зв'язки на межі адгезив-субстрат. Підвищення адгезійних зв'язків досягається при нанесенні омонолічуваних та герметизуючих композицій у той проміжок часу, в якому праймер знаходиться в стані «відлипу». Життєздатність праймера залежить від типу затверджувача.

Досліджено вплив технологічних параметрів (пластичної міцності, напруги зсуву, структурної в'язкості) розроблених полімерцементних тампонажних розчинів на властивості ущільненого ґрунту, укосів та берм меліоративних каналів. Установлено, що введення в ґрунт закріплювальної 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 й підвищення його міцності.

На основі проведених досліджень розроблено технологічні регламенти на виконання ремонтно-відновлювальних робіт на ГТС меліоративних систем методами поверхневого просочування, ін'єктування, тампонажу, омонолічування, герметизації та методику 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 проводили на об'єктах Бортницького міжрайонного управління водного господарства Держводгоспу України.

У результаті проведених досліджень було розроблено два нормативні документи, введені в дію 2010 р.: «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) та «Методика з визначення місць фільтраційних втрат через облицювання зрошувальних каналів» (наказ Держводгоспу України № 258 від 30.11.2010).

Розроблена інструкція розповсюджується на технології ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд полімерними та полімерцементними композиційними матеріалами методами поверхневого просочування, ін'єктування, торкретування, герметизації, омонолічування, тампонажу. В ній наведено класифікацію пошкоджень гідротехнічних споруд меліоративних систем, імовірні причини їхнього виникнення, технології ремонту та рекомендовано матеріали, що повинні застосовуватися для усунення цих пошкоджень.

У методиці наведено основні етапи обстеження, порядок застосування електрохімічних методів, виконання електрометричних вимірів, аналіз та узагальнення даних, вказівки з охорони праці та додержання правил техніки безпеки.

Висновки. Розроблено наукові основи та практичні засади ведення ремонтно-відновлювальних робіт на ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу завдяки управлінню капілярно-пористою структурою пошкодженого бетону через 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 розроблено 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 і 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 дасть змогу підвищити термін безаварійної експлуатації гідротехнічних споруд завдяки своєчасній діагностиці та застосуванню розроблених будівельних композиційних матеріалів і технологій при відновленні, реконструкції й модернізації ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Література

1. *Литвиненко П.Є., Шаршунов А.Б.* Результати натурних спостережень за технічним станом водопропускних споруд на північно-кримському каналі / П.Є. Литвиненко, А.Б. Шаршунов // VI наук.-практ. семінар «Шляхи підвищення надійності проектування, будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд меліорації. Структура, властивості та склад бетону». – К., 2007. – С. 123–127.

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

3. *Шаршунов А.Б., Дехтяр О.О., Марченко І.Л.* Технології ремонту та захисту гідротехнічних споруд при модернізації та реконструкції меліоративних систем / А.Б. Шаршунов, О.О. Дехтяр, І.Л. Марченко // Вісн. аграр. науки. – 2005. – Спеціальний випуск. – Квітень. – С. 69–71.

4. *Коваленко О.В., Шаршунов А.Б., Дехтяр О.О.* Фізико-хімічні особливості створення силікатізоціанатних композицій для відновлення водонасичених бетонних конструкцій гідротехнічних споруд / О.В. Коваленко, А.Б. Шаршунов, О.О. Дехтяр // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2007. – Вип. 25. – С. 47–52.

5. *Коваленко О.В., Шаршунов А.Б., Дехтяр О.О.* Дослідження параметрів ін'єктування бетону епоксизоціанатними композиціями / О.В. Коваленко, А.Б. Шаршунов, О.О. Дехтяр // Будівельні матеріали, виробы і санітарна техніка. – 2008. – № 3 (30). – С. 16–19.

6. *Коваленко О.В., Брюзгіна Н.Д.* Міцнісні та деформативні властивості епоксиретанбітумного герметика / О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна // Будівельні матеріали, виробы і санітарна техніка. – 2008. – № 3 (30). – С. 38–42.

7. *Дехтяр О.О., Коваленко О.В.* Нові тампонажні матеріали у водогосподарському будівництві / О.О. Дехтяр, О.В. Коваленко // Водне господарство України. – 2009. – № 5. – С. 30–31.

Отражены результаты исследований специалистов лаборатории эксплуатации водохозяйственно-мелиоративных систем, направленные на повышение эксплуатационной надёжности, экологической безопасности и долговечности гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса.

The research results carried out by the specialists of the laboratory of water management and reclamation systems aimed at increasing of the exploitative reliability, ecologically safety and durability of hydraulic structures of reclamation complex are presented in the article.