

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg201902-184>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/184>

УДК 699.8; 691.175

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ПОЛІМЕРНИМИ ТА ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИМИ КОМПОЗИЦІЙНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

О.В. Коваленко, канд. техн. наук

Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2047-8859>; e-mail: aleksandr55kovakenko@gmail.com

***Анотація.** У статті розглянуто основні характеристики та рекомендації з технології підвищення експлуатаційної надійності та довговічності гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу із застосуванням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів. Проаналізовано технологічні напрямки підвищення протифільтраційної здатності облицювань зрощувальних каналів із застосуванням полімерних плівкових екранів та геомембран. Наведено інформацію про започаткування та розвиток досліджень зі створення модифікованих полімерцементних гідротехнічних бетонів з підвищеними фізико-механічними властивостями для будівництва, ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд, технологічних заходів з підвищення якості збірних та монолітних залізобетонних конструкцій. Висвітлено результати досліджень з розробки різних конструкцій деформаційних швів, полімерних та бітумно-полімерних герметиків для їхнього улаштування. Узагальнено результати досліджень з розробки нових полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів для захисту бетонних конструкцій гідротехнічних споруд від кавітації та спрацювання, створення бетонополімерів, полімербетонів та полімерцементів. Розглянуто питання технологічних основ підвищення ефективності гідроізоляції гідротехнічних споруд, захисту бетону і металу від корозії. Систематизовано результати досліджень з розробки наукових основ та практичних засад ведення ремонтно-відновлювальних робіт на гідротехнічних спорудах водогосподарсько-меліоративного комплексу, захисту їх від фільтрації та аварійних пошкоджень із застосуванням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів. Розглядаються основні напрямки розвитку подальших досліджень в області створення та застосування новітніх технологій підвищення ефективності експлуатації, експлуатаційної надійності та довговічності гідротехнічних споруд водогосподарсько-меліоративного комплексу*

***Ключові слова:** водогосподарсько-меліоративний комплекс, гідротехнічні споруди, експлуатаційна надійність, довговічність, ремонтно-відновлювальні роботи, гідроізоляція, протифільтраційний захист, композиційні матеріали.*

Актуальність теми. Ефективне функціонування водогосподарсько-меліоративних систем значною мірою залежить від експлуатаційної надійності та довговічності гідротехнічних споруд (ГТС). Рівень експлуатаційної надійності споруд є найбільш суттєвим фактором, який впливає на ефективність фондівдачі водогосподарських і меліоративних систем. Стабільне та довговічне функціонування ГТС забезпечує загальну їх надійність та ефективність роботи. Академік Ц.Є. Мірцхулава розглядає надійність та довговічність споруд як їх безвідмовне функціонування з позиції теорії вірогідності: вірогідність безвідмовної роботи на певному відрізку часу споруди є функція вірогідностей безвідмовної роботи його складових конструктивних елементів за цей же час [1]. Підвищити надійність та довговічність ГТС можливо за рахунок зниження інтенсивності відмов елементів споруд у часі. Такі відмови

виникають як на початковій стадії експлуатації (на цій стадії функціонування споруди проявляються основні дефекти в конструкціях), так і в період спрацювання споруд. Конструктивні елементи ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу з моменту введення в експлуатацію піддаються агресивному впливу оточуючого середовища. Агресивні фактори (гідростатичний тиск води, навперемінне заморожування та відтавання, зволоження та висушування, корозійна дія розчинених у воді солей, динамічна дія льоду та інші) постійно діють на залізобетонні конструкції, поступово руйнуючи їх. Отже, розробка заходів, які направлені на забезпечення високої опірності споруд агресивним факторам оточуючого середовища, є актуальною.

Безвідмовна робота споруд при довготривалій дії на них агресивних факторів оточуючого середовища можлива лише у випадку забезпечення їх захисту (підсилення) ефективними

ізоляційними, антикорозійними, високоміцними, зносо- та кавітаційностійкими композиційними матеріалами [2]. Низка специфічних характеристик полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів (висока міцність, корозійна стійкість, морозостійкість, адгезія до різних основ) дозволяють створювати ефективні технології відновлення функціональної здатності ГТС та підвищувати їх стійкість на майбутнє. Потреба підсилення бетонних та залізобетонних конструкцій ГТС за рахунок їх поєднання або часткової заміни сучасними композиційними матеріалами і конструкціями, зокрема на основі полімерів та полімерцементів, визначається виходячи з умов підвищення захищеності, класності, надійності та довговічності споруд. Ці матеріали повинні стати нормованими на стадії проектування, будівництва, ремонту та реконструкції споруд, у результаті чого їх експлуатаційна надійність та довговічність в умовах дії агресивного середовища буде забезпечена.

Мета досліджень – проаналізувати основні розробки, проведені в Інституті, які направлені на підвищення експлуатаційної надійності та довговічності ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу, узагальнити результати досліджень та накреслити основні напрямки подальших досліджень з даної проблематики.

Результати досліджень. Технологічні основи підвищення експлуатаційної надійності та довговічності ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу з використанням полімерних композиційних матеріалів були закладені проф. І.М. Йолшиним, який вважав, що технічний прогрес у будівництві неможливий без нових технічних рішень, широкого використання нових ефективних будівельних матеріалів, серед яких насамперед потрібно назвати полімерні матеріали [3]. На важливу роль полімерних матеріалів в підвищенні експлуатаційної надійності та довговічності гідроспоруд звертав увагу і В.Б. Резнік [4]. Ним же обґрунтовано термін «оптимальна полімероемкість» ГТС як критерій експлуатаційної надійності.

Результати досліджень, проведених в Інституті (І.М. Йолшин, О.Р. Гвенетадзе), розвіяли уявлення, яке було на той час, про низьку надійність та довговічність полімерних матеріалів, а також безперспективність їх застосування для складних умов експлуатації ГТС [5]. Доведена ефективність застосування полімерних плівкових екранів в протифільтраційних конструкціях зрошувальних каналів: з ґрунтовим захисним шаром, моно-

літних бетоно-плівкових облицювань, бетоноплівкового покриття із збірних залізобетонних плит (В.О. Власенко, А.І. Левченко). Результати досліджень стану поліетиленової стабілізованої плівки в облицюваннях на каналах Криму та Одеської області показали, що основна властивість плівки – деформативність – зберігається при знаходженні її під шаром ґрунту або бетону. Дослідження показали, що стабілізована поліетиленова плівка з часом не знижує свої фізико-механічні показники. Такі покриття знайшли широке застосування при будівництві Північно-Кримського каналу, Азовського, Красногвардійського, Каховського та інших каналів. Фільтраційні втрати води з каналів через ґрунто-плівкове облицювання складають не більше 0,5...1 л/добу, через монолітне бетоно-плівкове облицювання – 1...3 л/добу, через збірне бетоно-плівкове облицювання 2...20 л/добу з 1 м² змоченої поверхні (П.А. Сухоруков, С.Н. Ворошнов, Я.В. Шевчук) [6].

Для будівництва облицювань каналів в складних інженерно-геологічних умовах розроблена технологія будівництва гнучких покриттів без захисного шару із застосуванням бутилкаучукової плівки товщиною 0,8 мм [7]. Протифільтраційні бутилкаучукові облицювання можна експлуатувати в різних кліматичних зонах. Вони відрізняються високою ремонтпридатністю, їх вартість – у межах вартості облицювання із монолітного бетону.

Поєднання високих протифільтраційних властивостей полімерних матеріалів з традиційними бетонними сумішами реалізовано в технології відновлення протифільтраційних облицювань зрошувальних каналів з використанням поліетиленових геомембран товщиною 1,0...4,0 мм (В.Д. Крученко, Г.Ф. Мартинюк, Я.В. Шевчук). Технологія призначена для оперативного ремонту застарілих бетонних (залізобетонних) облицювань, які характеризуються високими фільтраційними втратами (більше 200 л/добу з 1 м² змоченої поверхні). До того ж забезпечується високий протифільтраційний ефект (середній коефіцієнт фільтрації такого облицювання становить 10⁻¹⁰...10⁻¹⁴ м/с). Зазначена технологія пройшла виробничу перевірку при відновленні протифільтраційного облицювання на ділянці магістрального каналу Інгулецької зрошувальної системи [8].

У збірних та монолітних бетонних і залізобетонних облицюваннях каналів втрати води на фільтрацію відбуваються найбільше через деформаційні шви, що часто зводять до мінімуму ефект від облаштування

дорогих і трудоміких облицювань із бетону та залізобетону. Тому актуальним є питання конструювання швів та їх герметизації. Досвід будівництва та експлуатації конструкції швів, які передбачали б їх герметизацію бітумом або бітумними мастиками, вказав на їх недостатню надійність. Через такі шви в результаті відшарування, розтріскування відбуваються значні протікання води. Тому в Інституті були розроблені (І.М. Йолшин, О.Р. Гвенетадзе) вимоги до герметизуючих матеріалів для водогосподарського будівництва та методика випробувань таких герметиків. За основні показники герметизуючих мастик прийняті деформативність (відносне подовження при розриві) та адгезія мастики до бетону. З-поміж інших вимог прийнято положення про здатність герметиків довготривало чинити опір зовнішнім діям у напруженому стані. Такий підхід залишається актуальним і до тепер.

В Інституті виконані дослідження властивостей тіолових, бутилкаучукових та силіконових мастик як матеріалу для герметизації деформаційних швів. Оптимізація рецептурно-технологічних параметрів приготування та застосування тіолових герметиків (Є.В. Чумаков, Ю.М. Гризан) дозволила значно підвищити ефективність експлуатації деформаційних швів [9]. З метою здешевлення герметизуючих матеріалів на основі полімерних мастик розроблено тіолобітумний (В.Я. Вашук, З.С. Сирота) та епоксиретан-бітумний герметики (О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна), а також конструкція шва на їх основі [10; 11]. Герметики характеризуються високими показниками деформативності, адгезії до бетону та міцності на розрив. Конструкція епоксиретан-бітумного шва передбачає застосування пороізолу під шаром мастики для зменшення її витрати та покращення умов роботи герметика.

Основою конструкцій ГТС традиційно залишаються «матеріали ХХ століття» – бетон та залізобетон. Позитивні якості цих матеріалів добре відомі. У той же час цементні бетони мають низку недоліків: вони недостатньо пружні, недостатньо міцні на розтяг, мають недостатні показники зносостійкості, кавітаційної стійкості, ударної стійкості та корозійної стійкості. В Інституті проведені дослідження із створення нових видів композиційних матеріалів – П-бетонів, які володіють підвищеними фізико-механічними властивостями. Вони призначені для застосування в технологіях, які направлені на підвищення експлуатаційної надійності та довговічності ГТС. До П-бетонів відносяться

бетонополімери, полімербетони та полімерцементні бетони.

Бетонополімери – бетони, які отримують просоченням цементних бетонів складами, що полімеризуються (мономерами). Результати досліджень показали, що після такого просочення міцність бетону на стиск та на розтяг збільшується в 3...4 рази, модуль пружності – у 1,5 рази, зносостійкість – у 6...8 раз, кавітаційна стійкість – у 5...10 разів, морозостійкість – у 6...10 разів, ударна міцність – у 1,5...3 рази, водонепроникність – у 3...4 рази [12]. Водопоглинання бетону при цьому знижується в 4...5 раз, матеріал стає стійким у водних середовищах із вмістом сульфат-іонів до 60 г/л, стійким до вилуговування. Доведена перспективність застосування бетонополімерів для напірних трубопроводів та захисних облицювань ГТС (В.Я. Вашук, А.І. Левченко, В.П. Должук), корозійностійких трубофільтрів скважин вертикального дренажу (О.В. Коваленко, А.І. Левченко) [13; 14]. За результатами досліджень бетонополімерні облицювання на площі 800 м² виконано на р. Туполанг в Узбекистані. На півдні України побудовано близько 100 свердловин вертикального дренажу з бетонополімерними фільтрами, які працюють в умовах високої мінералізації ґрунтових вод.

Полімербетони – різновид П-бетону, в'язучим в яких є полімерні смоли, а заповнювачем – неорганічні (мінеральні) матеріали. В Інституті проведено цикл робіт із створення та дослідження полімербетонів як матеріалу для зносо- та кавітаційностійких облицювань ГТС (І.М. Йолшин, В.Б. Резнік, В.П. Корецький, І.І. Слободяник). Результати проведених досліджень показали, що полімербетони володіють підвищеною міцністю, морозостійкістю, зносо- та кавітаційною стійкістю, водонепроникністю, хімічною стійкістю [15]. За розробками Інституту облицювання з монолітного полімербетону площею 1000 м² виконано на Якобазькому гідровузлі в Узбекистані. Збірні полімербетонні плити площею 220 м² застосовано для облицювання на гідровузлі р. Бешарю в Азербайджані площею 650 м² – на водопропускній споруді селища Міраки в Узбекистані. Міцність полімербетону на стиск на даних об'єктах досягла 60...80 МПа.

В Інституті розроблено технологічний процес виробництва труб із дрібнозернистого полімербетону, армованого скловолокном (М.Г. Кисиленко), та базальтополімерних фільтрів для дренажних свердловин (О.О. Дехтяр). Указані конструкції володіють підвищеною

міцністю та корозійною стійкістю в агресивних середовищах. Апробація дослідної партії полімербетонних труб в умовах середовища, яке по корозійній агресивності значно перевищує рівень агресивності середовища водогосподарського будівництва (вміст сульфат-іонів – до 120 г/л, хлор-іонів – до 40 г/л, рН = 2,4, температура 75 °С), показала їх високу надійність та перспективність застосування на водогосподарсько-меліоративних об'єктах [16].

Одним із різновидів П-бетонів є полімерцементний бетон, утворений цементним в'язучим, органічним полімером та мінеральним заповнювачем. Порівняно зі звичайним цементним бетоном залежно від виду полімерної добавки ці бетони володіють підвищеною міцністю на розтяг і вигин, високою водонепроникністю, тріщиностійкістю, зносостійкістю, підвищеною адгезійною міцністю до багатьох будівельних матеріалів, а також корозійною стійкістю. На можливість застосування полімерцементних бетонів у водогосподарському будівництві вказував І.М. Йолшин [15]. Ним же окреслено основні області застосування полімерцементних бетонів і розчинів: при улаштуванні покриттів або облицювань напірних граней гребель та інших конструкцій ГТС, де від матеріалу вимагається висока водонепроникність, зносостійкість, наприклад при улаштуванні облицювань гідроспоруд на гірських річках, н і для зароблення тріщин та відновлення пошкоджених ділянок в бетонних та залізобетонних облицюваннях каналів, для гідроізоляції підземних частин гідроспоруд, при улаштуванні робочих швів в бетонних та залізобетонних конструкціях. Полімерцементні бетони, отримані модифікацією цементного бетону полімерними латексами, застосовано як стійкі проти зносу і кавітації при омонолічуванні збірних залізобетонних елементів, зокрема плит облицювання каналів, а також у технологіях ремонтно-відновлювальних робіт на водозаборі р. Башарю в Азербайджані та на зрошувальних каналах на півдні України.

В Інституті обґрунтовано застосування полімерцементного бетону в комплексі з інгібіторами корозії сталі та кремнійорганічними сполуками для підвищення корозійної стійкості залізобетонних труб зі сталевим сердечником (Л.М. Зголіч, В.Т. Караєв) [17]. Застосування полімерцементного інгібірованого бетону для зовнішнього захисного шару труб дозволило підвищити їх стійкість в умовах високої сульфатно-хлоридної мінералізації ґрунтів.

Дослідно-промислова апробація таких труб проведена на Ірклівській зрошувальній системі в Черкаській області. У розвиток досліджень за даною тематикою було створено нові види композиційного матеріалу – дрібнозернистий полімерцементний фібробетон (О.В. Коваленко, О.Ю. Сакара) [18] та самоущільнювальний полімерцементний фібробетон (О.В. Коваленко, О.Ю. Юзюк) [19]. Ці матеріали отримані шляхом модифікації цементного бетону полімерними латексами та поліпропіленовою фіброю в комплексі з полікарбоксилатним суперпластифікатором та активною мінеральною добавкою (мікрокремнезем, метакаолін). У розроблених композитах цементна матриця армована сіткою полімеру та полімерними волокнами, що дозволило значно покращити міцність бетону на згин та розтяг, тріщиностійкість, ударну та адгезійну міцність. Дрібнозернистий полімерцементний фібробетон призначений для конструкційного ремонту залізобетонних конструкцій ГТС, які втратили геометричну форму та несучу здатність. Самоущільнювальний полімерцементний фібробетон поєднує високу рухомість бетонної суміші (не потребує віброущільнення) та високі фізико-механічні властивості. Матеріал перспективний для бетонування конструкцій складної конфігурації, густоармованих конструкцій та таких, які розміщені у віддалених та важкодоступних місцях.

Для створення нормальних умов твердіння бетону в конструкціях його зволожують. Постійно підтримувати вологий режим твердіння бетону шляхом поливу або застосуванням вологоутримуючих покривів (пісок, мішковина) трудоємко і дорого. В Інституті розроблена технологія безволого догляду за монолітним бетоном із застосуванням полімерних плівкоутворюючих речовин (І.М. Йолшин, В.О. Власенко) [20]. Плівкоутворюючі склади наносять методом набризку на свіжеукладений бетон через 20 хв. після завершення бетонування. Покриття бетону плівкоутворюючими складами (стирол-бутадієновий латекс, лаки на основі полімерних смол) виключає пошкодження свіжеукладеного бетону, а роботи по нанесенню покриття можуть бути повністю механізовані. Цей метод застосовувався на будівництві зрошувальних каналів з монолітним бетонним облицюванням Північнокримської, Білгородської, Татарбунарської, Каховської зрошувальних систем України, зрошувальних систем Голодного і Каршинського Степу в Узбекистані, а також на сучасному етапі при проведенні ремонтно-відновлювальних

робіт на ГТС ряду об'єктів Держводагентства України.

У процесі довготривалої експлуатації конструкції ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу під дією агресивних факторів зовнішнього середовища зазнали різного роду пошкоджень і потребують проведення ремонтно-відновлювальних робіт. В Інституті розроблені наукові основи та практичні засади ведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) на бетонних та залізобетонних ГТС. Ремонтно-відновлювальні роботи пропонується розглядати не як подію, пов'язану з хаотичним усуненням дрібних та крупних пошкоджень, які кваліфікуються як випадкові та аварійні, а як систему заходів, що базується на науково-обґрунтованих методах визначення умов виникнення пошкоджень, системного аналізу причин їх виникнення, призначення методів їх усунення та профілактики на майбутнє (В.Б. Резнік). Здатністю споруд ефективно піддаватися профілактиці в часі є ремонтпридатність, яка забезпечує критерій надійності – ймовірність безвідмовної роботи. Підхід до створення такої системи повинен базуватися на вимогах до технологій та засобів механізації по забезпеченню оперативного усунення пошкодження, ймовірність якого досить висока. Аналіз частоти утворення однотипних пошкоджень ГТС дозволив класифікувати їх, сформулювати основні вимоги до основних технологічних систем ремонту, засобів їх реалізації та основні вимоги до ремонтних матеріалів. Ключова роль у системі РВР на ГТС відводиться полімерним та полімерцементним композиційним матеріалам. Застосування вказаних матеріалів дозволяє усувати практично всі види пошкоджень, які характерні для бетонних та залізобетонних ГТС: руйнування бетону водопропускних споруд унаслідок кавітації або гідроабразивного зносу; корозійні ураження, обумовлені контактом з агресивною водою або фільтрацією води; руйнування бетону надводних частин унаслідок поперемінного заморожування/відтавання, а також дії сонячної радіації; руйнування бетону в зоні перемінного рівня води унаслідок поперемінного заморожування/відтавання; механічні пошкодження (відколи кутів елементів, роздроблення в окремих зонах, вибоїни і т.п.); розкриття швів унаслідок температурних дій, просідання основ, землетрусу та інші; тріщини, які обумовлені силовими навантаженнями або температурними діями та орієнтовані вздовж та поперек осі споруди; тріщини, обумовлені усадкою

або реакцією лугів цементу із заповнювачами, які містять активний кремнезем; деструктивні зміни унаслідок корозії арматури (тріщини в захисному шарі вздовж стержнів арматури, відшарування захисного шару); втрата захисних властивостей по відношенню до арматури (карбонізація на всю товщину захисного шару, вилугування).

Різноманітність та різний ступінь пошкоджень бетону ГТС обумовили необхідність розробки комплексу технологічних процесів ведення ремонтно-відновлювальних робіт за різними технологічними напрямками (В.Б. Резнік, О.Р. Гвенетадзе, В.О. Власенко, Є.В. Чумаков, О.В. Коваленко, А.Б. Шаршунов, О.О. Дехтяр, Н.Д. Брюзгіна, С.М. Дмитерко, Ю.А. Вітковський, Л.М. Бурцев). Для реалізації обґрунтованої системи ремонту на ГТС в Інституті було створено агрегат ремонтно-відновлювальних робіт (АРВР), який забезпечує механізоване виконання комплексу технологій ремонту із застосуванням полімерних та полімерцементних композиційних матеріалів: усунення локальних структурних пошкоджень конструкцій методом напірної ін'єкції полімерних композицій; ремонт конструкцій, які отримали пошкодження у вигляді тріщин (включаючи ремонт стиків та деформаційних швів); відновлення захисного шару в конструкціях торкрет-бетоном, торкрет-полімерцементом, торкрет-полімербетоном; підсилення залізобетонних конструкцій методом поверхневого просочування малов'язкими мономерами; ремонт гідроізоляційних та антикорозійних покриттів (включаючи сталеві конструкції споруд); ремонт окремих ділянок бетонуванням дрібнозернистим цементним бетоном із забезпеченням безволього догляду за ним полімерними латексами.

Технологія поверхневого просочування композиціями, що полімеризуються, може слугувати додатковим або вторинним захистом бетону ГТС. Поверхнєве просочування бетону на глибину від 15 до 35 мм композиціями, які здатні полімеризуватися під дією різних ініціаторів полімеризації та каталітичних систем, застосовують для підвищення стійкості до стирання бетону, зміцнення його верхнього шару та підвищення морозостійкості, а також для захисту конструкцій від впливів агресивних середовищ, біологічних факторів і атмосферних втручань. Просочувальні матеріали це рідкі композиції, які частково або повністю заповнюють мікротріщини, капіляри і пори в бетоні з наступним їх перетворенням у тілі бетону (полімеризацією)

у твердий високомолекулярний продукт (полімер). Таке просочування дозволяє значно зменшити пористість бетону та підвищити його фізико-механічні показники. Для реалізації технології поверхневого просочування композиціями, що полімеризуються, на ГТС розроблено стирол-ізоціанатні, стирол-олігоефіракрилатні, стирол-полістирольні композиції та способи відновлення конструкцій ГТС з їх застосуванням (О.В. Коваленко, Ю.А. Вітковський) [21; 22].

Технологія напірної ін'єкції – нагнітання в дефекти бетону під тиском полімерних клеїв – розроблена для ліквідації локальних структурних пошкоджень у бетоні з підвищеною пористістю розміром більше 500...1000 мкм та окремих розгалужених тріщин у щільному бетоні. Для реалізації технології напірного ін'єктування розроблено фурано-епоксидні композиції (І.М. Йолшин, І.І. Слободяник), силікат-ізоціанатні та епоксид-ізоціанатні композиції (О.В. Коваленко, А.Б. Шаршунов) [23; 24] та розроблено способи укріплення і захисту будівельних конструкцій методом ін'єктування із застосуванням епоксидних та поліуретанових композицій (О.В. Коваленко, В.Д. Крученко) [25; 26].

При активних фільтраціях великих об'ємів води розроблена технологія напірного ін'єктування з використанням гідроактивних поліуретанів [27; 28]. Залежно від геометричних розмірів, структури пошкоджень, інтенсивності фільтрації призначають вид ін'єкційного матеріалу. Поліуретанові композиції містять сполуки з кінцевими ізоціанатними (NCO) групами, які визначають їх водореакційну здатність. У процесі ін'єктування NCO-групи активно зв'язують воду, яка знаходиться в тріщинах, порах, порожнинах та дефектах бетону з утворенням міцних і водостійких структур. При цьому в умовах контакту з водою пор бетону зв'язування призводить до пониження тиску в порожнинах, що своєю чергою сприяє заповненню цих порожнин ін'єкційною композицією. На реакції ізоціанатних груп з водою базується застосування поліуретанових композицій для ліквідації активних протікань води через конструкції гідротехнічних споруд.

І. В Інституті розроблено робочі проекти з ін'єкційної гідроізоляції докових частин Бортницької, Ірпінської, Трубізької насосних станцій та насосної станції Конча-Заспа-Плюти Дніпровського басейнового управління водних ресурсів (О.В. Коваленко, Н.Д. Брюзгіна, О.О. Дехтяр.). Проектами

передбачено ін'єктування поліуретанових смол для виконання таких робіт: усунення протікань через деформаційні шви бетонування, а також через усадочні та конструктивні тріщини; усунення протікань у зонах примикань «стіна-підлога», «стіна-стеля»; герметизація протікань через місця вводу інженерних комунікацій (трубопроводів); улаштування відсічної та вуальної гідроізоляції в залізобетонних стінах (нагнітання смол у стіну). Згідно з розробленими проектами були виконані РВР, у результаті яких було повністю відновлено водонепроникність докових частин насосних станцій.

Для усунення пошкоджень у вигляді активних тріщин розроблена технологія їх омонолічування еластомерними герметиками, яка передбачає попередню розробку тріщини у вигляді П-образного пазу, спеціальну підготовку поверхонь у зоні контакту бетон-герметик та внесення герметика в зону дефекту (В.Б. Резнік, О.Р. Гвенетадзе) [2]. Геометрія розробки пазу та стан адгезійного контакту герметик-бетон забезпечують рівномірний по розрізу потенціал напруг, що точно дотримується при рівності адгезійних та когезійних напруг.

У процесі ремонту бетонних конструкцій з пошкодженнями у вигляді пасивних тріщин для омонолічування рекомендується застосовувати полімерні ремонтні композиції (ПРК) на основі епоксидних, фурано-епоксидних, поліуретанових смол з відповідними затверджувачами (І.М. Йолшин, В.Б. Резнік, І.І. Слободяник, Р.М. Окопова, В.О. Власенко). Вибір складу ПРК залежить від ширини ремонтного пазу та кута нахилу поверхні, що ремонтується. Із збільшенням цих показників необхідно застосовувати більш високий ступінь їх наповнення мінеральним наповнювачем.

Полімерні дрібнозернисті бетони та розчини рекомендовано застосовувати в ремонтних роботах на ГТС в технологіях омонолічування конструкцій, які отримали пошкодження у вигляді вибоїн, сколів та інших видів втрати геометричної форми та монолітності конструкцій. Як в'язуче для таких композицій запропонована смола ФАЕД-15 з поверхнево-активною добавкою (І.М. Йолшин, Р.М. Окопова, І.І. Слободяник) [29]. Наповнювачем для ремонтних композицій рекомендована андезитова мука або цемент. Композиції на основі смоли ФАЕД-15 були застосовані в Україні при ремонті тріщин та інших дефектів в бетоні в монолітному облицюванні каналів. Багаторічний досвід

експлуатації облицювань показав повне збереження відремонтованих ділянок.

За даними Л.М. Зголїч та Р. Мустафаєва композиції на основі полімерцементів володіють підвищеною ударною міцністю, стійкістю до стирання, міцністю на розтяг і згин, корозійною стійкістю, тріщиностійкістю [30]. Підвищені адгезійні властивості полімерцементних композицій – одна з основних переваг цього матеріалу (І.М. Йолшин). У зв'язку з високою адгезією полімерцементних композицій (бетонів, розчинів) до звичайних бетонів вони досить перспективні для зароблення тріщин та відновлення пошкоджених ділянок в бетонних та залізобетонних облицюваннях каналів, лотках та інших спорудах замість більш дорогих полімерних композицій.

Для відновлення конструкцій, які під впливом агресивного навколишнього середовища в процесі експлуатації втратили свої проектні показники і несучу здатність, розроблено технологію конструкційного ремонту із застосуванням полімерцементних сухих будівельних сумішей (ПСБС) (О.В. Коваленко, А.О. Агеєв) [31]. ПСБС становить собою суміш портландцементу, піску та модифікуючих добавок: редиспергуючого полімерного порошку, порошкового полікарбонатного суперпластифікатора, мікрокремнезему та поліпропіленової фібри [32]. Крім того, розроблено ряд полімерцементних розчинів та фібробетонних сумішей для відновлення та захисту ГТС, які отримують модифікацією звичайних цементних розчинів водними суспензіями латексів [33; 34]. Виконано комплекс досліджень для оцінки технічних властивостей матеріалу та визначено області його застосування. Оптимізовано рецептури та розроблено систему ремонтних матеріалів на основі ПСБС, яка складається з адгезійного праймеру та ремонтної композиції.

Результати проведених досліджень показали, що за своїми фізико-механічними показниками розроблені в Інституті ремонтні суміші не поступаються кращим світовим зразкам, а вартість їх у 2,5 рази менша за зарубіжні аналоги. Розроблена технологія використання при конструкційному ремонті бетонних плит облицювання аванкамери та ліквідації фільтрації води в докову частину Кочурської насосної станції МУВГ, а також на об'єктах меліоративного комплексу в Черкаській, Кіровоградській, Полтавській, Херсонській, Луганській та Одеських областях. Розроблені технологічні прийоми ведення РВР на основі ПСБС були використані при розробці робочих проектів «Капітальний ремонт

мосту греблі Смілянського водосховища на р. Тясмин в м. Сміла Черкаської області» та «Оцінка технічного стану та паспортизація ГТС Кіровоградського водосховища. Обґрунтування технологій ремонтно-відновлювальних робіт Кіровоградського водосховища м. Кіровоград» (І.В. Войтович, О.В. Коваленко, Я.В. Шевчук, Г.Ф. Мартинюк, О.М. Козицький).

Конструкції із цементного бетону та залізобетону, з яких побудовані ГТС, у деяких випадках потребують улаштування спеціальних захисних гідроізоляційних покриттів для запобігання їх руйнування при впливі агресивного водного середовища. Тому у розв'язанні проблем підвищення експлуатаційної надійності та довговічності споруд питанням гідроізоляції, захисту бетону і металу від корозії надається особливе значення. При незначній вартості гідроізоляційних покриттів по відношенню до вартості споруд доля їх відповідальності в частині забезпечення довговічності та експлуатаційної надійності споруд достатньо висока (В.Б. Резнік). Гідроізоляційні покриття служать бар'єром для агресивного середовища і, таким чином, захищають споруди від руйнування. Для цих цілей запропоновано низку композиційних матеріалів: бітумно-полімерних, епоксидних, фурано-епоксидних, поліуретанових, композицій на основі відходів виробництва полістиролу, полісульфідних каучуків (В.Я. Ващук, В.П. Долук, В.О. Власенко, Е.І. Некрасова, І.І. Слободяник, Р.М. Окопова, О.В. Коваленко) [35]. Ці матеріали було впроваджено на зрошувальних системах України. Підвищена водонепроникність, адгезійна міцність, тріщиностійкість та корозійна стійкість полімерцементних композицій зумовили успішне їх застосування в якості захисних покриттів. В Інституті розроблено полімерцементні сухі будівельні суміші для ремонтних гідроізолюючих розчинів (О.В. Коваленко, В.Д. Крученко, А.О. Агеєв) та способи ремонту та захисту конструкцій з їх застосуванням [36]. Досліджено та вдосконалено технологічні параметри приготування ремонтно-гідроізолюючих полімерцементних сумішей, підготовки поверхні, нанесення системи матеріалів та догляду за відновленою поверхнею зазізобетонних ГТС.

Розробка та реалізація технічних рішень, які підвищують експлуатаційну надійність та довговічність ГТС ВМК при зниженні їх матеріалоемкості залишається одним із важливих напрямків діяльності Інституту. Необхідність різкого підвищення ефективності

та модернізації різних ГТС особливо актуальна зараз, коли після довготривалої експлуатації під дією агресивних факторів зовнішнього середовища вони втрачають свої проектні показники. Стратегія відновлення та розвитку зрошення в Україні, яка розроблена в Інституті, передбачає досягнення високих техніко-економічних показників ГТС водогосподарсько-меліоративного призначення з урахуванням умови підвищення класності споруд з тенденціями удосконалення (модернізації) споруд на стадії їх проектування, будівництва чи реконструкції. Підвищення експлуатаційної надійності споруд повинно проводитись в рамках сучасних вимог у частині підвищення їх пропускної здатності, водонепроникності та монолітності.

Описані в роботі полімерні та полімерцементні композиційні матеріали, технології їх застосування при будівництві, ремонті та реконструкції ГТС водогосподарсько-меліоративного призначення забезпечують підвищення експлуатаційної надійності та довговічності, однак не вичерпують найбільш сучасні технічні рішення. Сучасний розвиток виробництва хімічної продукції, в тому числі полімерних матеріалів, ставить перед нами нові задачі по використанню досягнень хімії. Прикладом може служити вирішення питання створення високоефективних протифільтраційних облицювань на зрошувальних каналах та водоймах, де зараз уже неможливо без застосування полімерних матеріалів. Однак створення ефективних конструкцій облицювань із застосуванням геосинтетичних матеріалів у вигляді геомембран, геотекстилей, геосіток, геоматів, геокомпозитів потребує подальших досліджень. Актуальною залишається розробка технології облицювання каналів у випадку їх повного або часткового заповнення водою. У цьому випадку необхідна розробка та оптимізація протифільтраційного покриття, яке складається з полотен геомембрани, захисного шару геотекстилю та шару швидкотвердіючого бетону. Проблемою залишається створення міцних мембран, які могли б функціонувати у відкритому вигляді, без будь-якого покриття (товсті текстуровані плівки).

Питання герметизації швів в бетонних та залізобетонних облицюваннях зрошувальних каналів також потребує подальших досліджень. Аналіз досвіду експлуатації зрошувальних систем, застосування та апробація різних матеріалів для герметизації показали, що мастичні еластомерні герметики на полімерній основі дають позитивні результати. Однак на сучасному етапі ці технічні розробки дещо застаріли, не дають відповіді на питання

в яких умовах застосовувати ті чи інші герметики з чітким формулюванням вимог до них, їх широке застосування стримується високою вартістю матеріалу. Крім того, герметизація мастичними герметиками дає можливість проводити тільки поверхневу обробку швів. Тому потрібні дослідження з розробки нових технологій гідроізоляційної герметизації швів, наприклад із застосуванням гідрофільних набухаючих полімерних профілей, інжектошнурів із подальшим їх ін'єктуванням полімерними композиціями і т.п.

Складно вирішується питання улаштування гідроізоляційних та антикорозійних покриттів по бетону. Добре вивчені на тепер та позитивно зарекомендували себе наповнені композиції на основі епоксидних та модифікованих епоксидних смол. Удосконалення технології гідроізоляції повинно бути направлено на пошук більш дешевих та недефіцитних композиційних матеріалів, а також матеріалів, які здатні утворювати міцні адгезійні зв'язки в умовах вологого та водонасиченого бетону. Найбільш перспективними, на наш погляд, для цих цілей є полімерцементні гідроізоляційні суміші. Можливість їх застосування для захисту ГТС потребує додаткового вивчення.

Актуальним залишається питання створення та широкого застосування високоефективних бетонів нового покоління для водогосподарсько-меліоративного будівництва. Як показують результати досліджень можливість зміни основних фізико-механічних властивостей бетону в сторону збільшення наукою повністю не реалізована. На часі розробка багатокомпонентних модифікованих гідротехнічних бетонів та заміщення ними звичайних традиційних бетонів. У таких бетонах використовуються як індивідуальні хімічні модифікатори, які покращують легкоукладальність бетонних сумішей та підвищують фізико-механічні показники бетону, так і комплексні добавки, які часто включають до декількох десятків хімічних добавок різного функціонального призначення. Залежно від рецептури можна отримувати модифіковані бетони для різних умов експлуатації.

Одним із невирішених питань є визначення раціональних областей застосування П-бетонів у водогосподарсько-меліоративному будівництві. Висока вартість полімербетонів та бетонополімерів, а в деякій мірі складність технології виготовлення, стримують їх широкомасштабне впровадження у гідромеліоративне будівництво. Однак високі фізико-механічні показники вказаних матеріалів дозволяють прогнозувати

можливість їх застосування для локального ремонту та відновлення конструкцій ГТС, які експлуатуються в складних умовах: як матеріал для захисних покриттів від корозії, зносу та кавітаційної ерозії. Потрібна розробка та оптимізація рецептури полімербетонних композицій, направлена на їх здешевлення та з урахуванням діючих агресивних факторів зовнішнього середовища.

Бетонополімерна технологія відрізняється певною складністю та багатостадійністю. Вона потребує глибокого висушування бетону, його вакуумування, просочення та термокаталітичної полімеризації. Крім того, більшість просочувальних складів відрізняються токсичністю. Тому необхідне удосконалення даної технології в напрямку зменшення кількості технологічних операцій за рахунок застосування просочувальних складів, які здатні глибоко проникати в структуру бетону, утворювати міцні адгезійні зв'язки з вологим бетоном та полімеризуватися при звичайних температурах.

Одним із перспективних напрямків досліджень залишається розробка полімерцементних композиційних матеріалів для гідромеліоративного будівництва. З появою на будівельному ринку редиспергуючих полімерних порошоків (порошкових полімерних латексів) різної хімічної природи з'явилась можливість створення полімерцементних сумішей різного призначення: для отримання бетонів підвищеної водонепроникності, проникаючої гідроізоляції, ін'єкційної гідроізоляції, обмазувальних та штукатурних гідроізоляційних покриттів, швидкотвердіючих тампонажних розчинів, ремонтних розчинів. Таке різноманіття сфер застосування полімерцементних композицій можливе шляхом сполучення полімерних латексів з новими високоефективними суперпластифікаторами на карбоксилатній, поліакрилової та вінілсополімерній основі, а також з активними мінеральними добавками в комплексі з дисперсним армуванням полімерним та вуглецевим волокном.

Ін'єкційна гідроізоляція із застосуванням гідроактивних поліуретанів – ефективний метод зупинки протікань різної інтенсивності через конструкції ГТС та відновлення їх водонепроникності. Проблема полягає у виборі матеріалів з регульованою швидкістю піноутворення та регульованою еластичністю залежно від інтенсивності фільтрації (крапельна чи струменева) та визначення основних сфер їх застосування (зони з прямою фільтрацією, обводнені шви, стикові сполучення, місця вводу інженерних комунікацій).

Перспективною буде розробка технології ін'єктування, яка базується на застосуванні матеріалів, що спінюються, в комплексі з матеріалами, які не змінюються в об'ємі після затвердіння для запобігання усадки та зміцнення конструкцій.

Не вивченим залишається питання застосування гідрофільних гелей для гідроізоляції швів та тріщин у спорудах з вологим режимом експлуатації. У затверділому стані вони становлять собою еластичні полімери, а при наявності води збільшуються в об'ємі.

Відновлення несучої здатності конструкцій ГТС є однією з актуальних проблем на сучасному етапі. Для вирішення даної проблеми перспективно є розробка комплексної технології відновлення конструкцій, яка включала б ін'єктування епоксидними ін'єкційними смолами та підсилення вуглепластиковими пластинами. Дана технологія дозволила б, з одного боку, ефективно заповнити волосні тріщини та дрібні пори бетону і, таким чином, відновити його монолітність, а з іншого – значно підсилити несучу здатність конструкцій.

Висновки. Розробка та реалізація технічних рішень, які підвищують експлуатаційну надійність та довговічність ГТС водогосподарсько-меліоративного призначення при зниженні їх матеріало- та металоємкості, є одним із головних напрямків наукових досліджень в області будівництва, ремонту та реконструкції водогосподарсько-меліоративних систем. Досягнення високих техніко-економічних показників ГТС з урахуванням активного впливу на них агресивних факторів зовнішнього середовища можливо лише при науково-обгрунтованому сполученні бетонних та залізобетонних конструкцій з полімерними та полімерцементними композиційними матеріалами. Найбільший ступінь надійності будуть мати споруди, які забезпечені захистом від руйнувань, корозії та фільтрації новітніми високоефективними композиційними матеріалами. Оптимізація технічних рішень з підвищення експлуатаційної надійності та довговічності ГТС можлива лише за умови всебічного вивчення властивостей сучасних композиційних матеріалів, визначення їх відповідності вимогам водогосподарсько-меліоративного будівництва з урахуванням екстремальних експлуатаційних умов, створення на їх базі нових ефективних технологій, які дозволяють відновлювати та зберігати на майбутнє необхідні експлуатаційні показники споруд. Поряд із розширенням масштабів застосування полімерних та полімерцементних композиційних

матеріалів, вишукування нових різновидів полімерних добавок та отримання достовірних даних про довговічність цих матеріалів в різних умовах експлуатації межі їх застосу-

вання будуть розширюватися і слід очікувати, що ГТС водогосподарсько-меліоративного призначення немислимі без полімерної та полімерцементної складової.

Бібліографія

1. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. Москва: Колос, 1974. 279 с.
2. Резник В.Б. Новые материалы и конструкции на основе полимеров в водохозяйственном строительстве. Киев: Будівельник, 1987. 173 с.
3. Елшин И.М. Полимерные материалы в ирригационном строительстве. Москва: Колос, 1974. 191 с.
4. Резник В.Б. Повышение долговечности и эксплуатационной надежности гидросооружений за счет применения полимерных материалов. Москва: Обзор. информ, 1985. Сер. 5, Вып. 2. 66 с.
5. Елшин И.М., Гвенетадзе А.Р. Бетоно-пленочные композиции для облицовки каналов // Гидротехника и мелиорация. № 9. 1968. С. 71–73.
6. Сухоруков П.А., Ворошнов С.Н., Шевчук Я.В. Эффективность современных противofильтрационных конструкций облицовок оросительных каналов с применением полимерных материалов // Технология и механизация гидроизоляционных работ, промышленных, гражданских и энергетических сооружений. Ленинград: Энергоиздат, 1983. С. 102–103.
7. Гвенетадзе А.Р., Резник В.Б., Левченко А.И. Рациональные конструкции противofильтрационных облицовок для пучинистых и просадочных оснований // Вопросы строительства и эксплуатации мелиоративных систем. Киев, УкрНИИГиМ, 1979. С. 24–28.
8. Мартинюк Г.Ф., Музика О.П., Бойко Г.Я., Савченко В.В. Технологія відновлення проти-fільтраційних властивостей каналів із використанням геосинтетичних матеріалів // Аграрна наука виробництву, 2016. Вип. 4. С. 26.
9. Чумаков Е.В., Резник В.Б., Гризан Ю.М. // Изв. вузов. Стр-во и архитектура, 1985. № 2. С. 79–82.
10. Полімерна герметизуюча композиція: пат. 38113 Україна. № u 200808454; заявл. 24.06.2008; Опубл. 25.12.2008, Бюл. № 24.
11. Деформаційний шов: пат. 46976 Україна. № u 200907958; заявл. 28.07.2009; Опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1.
12. Ващук В.Я., Левченко А.И., Долук В.П. Свойства бетонополимеров и перспективы их применения в гидромелиоративном строительстве // Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 75. 1979. С. 53–56
13. Ващук В.Я., Левченко А.И., Долук В.П. Исследования технологии бетонополимеров для напорных труб и защитных облицовок гидротехнических сооружений. В кн.: Перспективы применения бетонополимеров и полимербетонов в строительстве. Москва: Стройиздат. 1976. С. 95–96.
14. О.В. Коваленко, А.И. Левченко, В.П. Стеценко, Ф.В. Брага. Бетонополимерные сварные фильтры для высокоминерализованных вод // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 10. С. 72–73.
15. Елшин И.М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве. Москва: Стройиздат. 1980. 191 с.
16. Reznik V., Kisilenko M., Kovalenko A., Sharshunov A., Strokon D. Efficient repair polymer compositins and technologiesir of their use // International Congress on polymers in concrete. Moscow, 1992. P. 572–578.
17. Зголич Л.М., Караев В.Т. Применение полифункциональных модификаторов для бетона наружного слоя железобетонных напорных труб со стальным сердечником. В кн.: Гидротехнические сооружения на мелиоративных системах. Киев: Сб. науч. тр. УкрНИИГиМ, 1986. С. 25–30.
18. Коваленко О.В. Полімерцементний фібробетон – новий композиційний матеріал для ремонту та реконструкції гідротехнічних споруд // Меліорація і водне господарство. Вип. 99. 2011. С. 311–322.
19. Самоущільнювальна фібробетонна суміш: пат. 124130 Україна. № u 201709466; заявл. 27.09.2017; Опубл. 26.03.2018. Бюл. № 6.
20. Елшин И.М., Власенко В.А. Безвлажностный уход за монолитным бетоном в условиях жаркого климата юга УССР. В сб.: Водное хозяйство. Вып. 6. Киев: Урожай, 1967. С. 53–57.
21. Просочувальна полімерна композиція: пат. 46974 Україна. № u 200907953; заявл. 28.07.2009; Опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1.

22. Спосіб захисту та ремонту поверхні залізобетонних конструкцій: пат. 44450 Україна. № u 200902189; заявл. 13.03.2009; Опубл. 12.10.2009. Бюл. № 19.
23. Композиція для пропитки фільтруючого бетону: а.с. СССР 1715791. № 4774400/334; заявл. 26.12.1989; Опубл. 29.02.1992. Бюл. № 8.
24. Композиція для пропитки фільтруючого бетону: а.с. СССР 1825768. № 4907251/05; заявл. 04.02.1991; Опубл. 07.07.1993. Бюл. № 25.
25. Спосіб захисту та ремонту залізобетонних конструкцій: пат. 76451 Україна. № u 2012057736; заявл. 11.05.2012; Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1.
26. Спосіб укріплення і захисту будівельних конструкцій: пат. 76452 Україна. № u 2012057737; заявл. 11.05.2012; Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1.
27. Спосіб укріплення та захисту будівельних конструкцій: пат. 130335 Україна. № u 201804688; заявл. 27.04.2018; Опубл. 10.12.2018. Бюл. № 23.
28. Спосіб укріплення та захисту будівельних конструкцій: пат. 130336 Україна. № u 2012057737; заявл. 27.04.2018; Опубл. 10.12.2018. Бюл. № 23.
29. Окопова Р.М. Опыт ремонта бетонных и железобетонных облицовок мелиоративных систем полимерными материалами. Экспресс информация ЦБНТИ Минводхоза СССР. Серия 5. Вып. 4. Москва. 1976. С. 6-9.
30. Зголич Л.М. Полимерцементные растворы для защитных покрытий цилиндрических труб малых диаметров // Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 44. 1978. С. 93–96.
31. Спосіб захисту та ремонту залізобетонних конструкцій: пат. 94287 Україна. № u 201404897; заявл. 07.05.2014; Опубл. 10.11.2014. Бюл. № 21.
32. Суха будівельна суміш для ремонту та відновлення споруд: пат. 93583 Україна. № u 201403984; заявл. 14.04.2014; Опубл. 10.10.2014. Бюл. № 19.
33. Полімерцементний розчин: пат. 76448 Україна. № u 201205732. Заявл. 11.05.2012; Опубл. 10.01.2013. Бюл. № 1.
34. Фібробетонна суміш: пат. 93579 Україна. № u 201403975. Заявл. 14.04.2014; Опубл. 10.10.2014. Бюл. № 19.
35. Шаршунов А.Б., Зголич Л.М., Власенко В.О., Литвиненко П.Є. Будівельні матеріали для підвищення експлуатаційної надійності гідротехнічних споруд // Меліорація і водне господарство. Вип. 90. 2004. С. 237–245.
36. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів: пат. 93586 Україна. № u 201403989; заявл. 14.04.2014; Опубл. 10.10.2014. Бюл. № 19.

References

1. Myrskhulava, T.E. (1974). Nadezhnost hydromelyoratyvnukh sooruzheniy [Reliability of irrigation and drainage facilities]. Moskva: Kolos. [in Russian].
2. Rezyuk, V.B. (1987). Novue materyalu y konstruktsyy na osnove polymerov v vodokhoziaistvennom ystroytelstve [New materials and designs on the basis of polymers in water management and construction]. Kyev: Budivelnik. [in Russian].
3. Elshyn, Y.M. (1974). Polymernue materyalu v yrryhatyionnom stroytelstve. [Polymer materials in irrigation construction]. Moskva: Kolos. [in Russian].
4. Rezyuk, V.B. (1985). Povushenye dolhovechnosty y ekspluatatsyonnoi nadezhnosty hydrosooruzheniy za schet pryomeneniya polymernukh materyalov [Increased durability and operational reliability of hydraulic structures through the use of polymeric materials]. (Ser. 5, Vol. 2.) Moskva: Obzor. Ynform. [in Russian].
5. Elshyn, Y.M., & Hvenetadze, A.R. (1968). Betono-plenochnye kompozytsyy dlia oblytsovky kanalov [Concrete film compositions for channel lining]. Hydrotekhnika y melyoratsiya, 9, 71–73. [in Ukrainian].
6. Sukhorukov, P.A., Voroshnov, S.N., & Shevchuk Ya.V. (1983). Effektivnost sovremennukh protyvofyltratsyonnykh konstruktsiy oblytsovok orosytelnukh kanalov s pryomeneniyem polymernukh materyalov [Efficiency of modern antifiltration constructions of lining of irrigation canals using polymeric materials]. Tekhnolohiya y mekhanizatsiya hydrozoliatsyonnykh rabot, promyshlennukh hrazhdanskykh y enerhetycheskykh sooruzheniy. Lenynhrad: Enerhoizdat, 102–103. [in Russian].
7. Hvenetadze, A.R., Rezyuk, V.B., & Levchenko, A.Y. (1979). Ratsyonalnue konmstruktsyy protyvofyltratsyonnykh oblytsovok dlia puchynystukh y prosadochnukh osnovaniy [Rational designs of impervious linings for heaving and subsiding bases]. Voprosy stroytelstva y ekspluatatsyy melyoratyvnykh system. Kyev, UkrNYUHyM, 24–28. [in Russian].

8. Martyniuk, H.F., Muzyka, O.P., Boiko, H.Ia., & Savochenko, V.V. (2016). Tekhnolohiia vidnovlennia protyfiltratsiinykh vlastyvostei kanaliv iz vykorystanniam heosyntetychnykh materialiv [Technology of renewal of the properties of channels from the use of geosynthetic materials]. *Ahrarna nauka vyrobnytstvu*, 4, 26. [In Ukrainian].
9. Chumakov, E.V., Reznik, V.B., & Hryzan, Yu.M. (1985). Vlyaniye osobukh ekspluatatsyonno-tekhnolohycheskykh faktorov na svoistva tyokolovoho hermetyka [Influence of special operational and technological factors on the properties of thiokol sealant]. *Yzv. Vuzov. Str-vo y arkhitektura*, 2, 79–82. [In Ukrainian].
10. Kovalenko, O.V., & Bruzgina, N.D. Polimerna hermetyzuiucha kompozytsiia [Polymer sealing composition]. Patent of Ukraine № 38113. [In Ukrainian].
11. Kovalenko, O.V., & Bruzgina, N.D. Deformatsiinyi shov [Strain seam]. Patent of Ukraine № 46976. [In Ukrainian].
12. Vashchuk, V.Ia., Levchenko, A.Y., & Doliuk, V.P. (1979). Svoistva betonopolymerov y perspektyvy ykh pryimeneniya v hydromelyorativnom stroitelstve [Properties of concrete copolymers and prospects for their use in hydro-meliorative construction]. *Melyoratsiya y vodnoe khoziaistvo*. 75. 53–56. [in Russian].
13. Vashchuk, V.I., Levchenko, A.Y., & Doliuk, V.P. (1976). Yssledovaniya tekhnolohyy betonopolymerov dlia napornukh trub y zashchytnukh oblytsovok hidrotekhnicheskyykh sooruzheniy [Research of technology of concrete copolymers for pressure pipes and protective facings of hydraulic structures]. *Perspektyvy pryimeneniya betonopolymerov y polymerbetonov v stroitelstve*, 95–96. [in Russian].
14. Kovalenko, O.V., Levchenko, A.I., Stetsenko, V.P., & Braha, F.V. (1986). Betonopolymernue svarnue fyltru dlia vusokomyneralizovannukh vod [Concrete welded filters for highly mineralized waters]. *Hydrotekhnika y melioratsiya*, 10, 72–73. [In Ukrainian].
15. Elshyn, Y.M. (1980) Polymerbetonu v hidrotekhnicheskoy stroitelstve [Polymer concrete in hydraulic engineering]. Moskva: Stroyizdat. [in Russian].
16. Reznik, V., Kisilenko, M., Kovalenko, A., Sharshunov, A., & Strokon, D. (1992). Efficient repair polymer composites and technologies of their use. International Congress on polymers in concrete. Moscow, 572–578. [in Russian].
17. Zgholych, L.M., & Karaev, V.T. (1986). Prymenenye polyfunktsionalnykh modifykatorov dlia betona naruzhnogo sloia zhelezobetonnykh napornukh trub so stalnum serdechnykom [The use of polyfunctional modifiers for concrete outer layer of reinforced concrete pressure pipes with steel core]. *Sb. Nauch. tr. UkrNYYHyM*, 25–30. [in Russian].
18. Kovalenko, O.V. (2011). Polimertsementnyi fibrobeton – novyi kompozytsiinyi material dlia remontu ta rekonstruktsii hidrotekhnicheskyykh sporud [Polymer cement concrete is a new composition material for repair and reconstruction of the building machinery structure]. *Melioratsiya i vodnoe hospodarstvo*, 99, 311–322. [in Ukrainian].
19. Kovalenko, O.V. (2018). Samoushchilniuvalna fibrobetonna sumish [Self-compacting fibrous concrete mixture]. Patent of Ukraine № 124130. [in Ukrainian].
20. Elshyn, Y.M., & Vlasenko V.A. (1967). Bezvlazhnostnui ukhod za monolytnum betonom v usloviakh zharkoho klymata yuha USSR [Humid care of monolithic concrete in a hot climate in the south of the Ukrainian SSR]. *Vodnoe khoziaistvo*, 6, 53–57. [in Russian].
21. Kovalenko, O.V., & Vitkovsky, Yu.A. (2010). Prosochuvalna polimerna kompozytsiia [Immersion polymer composition]. Patent of Ukraine. № 46974. [in Ukrainian].
22. Kovalenko, O.V., & Vitkovsky, Yu.A. (2009). Sposib zakhystu ta remontu poverkhni zalizobetonnykh konstrukttsii [Method of protection and repair of the surface of reinforced concrete structures]. Patent of Ukraine. № 44450 Ukraine. [in Ukrainian].
23. Kovalenko, A.V., & Sharshunov, A.B. (1992). Kompozytsiia dlia propytty fyltruiushcheho betona [Composition for filter concrete impregnation]. USSR author's certificate № 1715791. [in Russian].
24. Kovalenko, A.V., & Sharshunov, A.B. (1993). Kompozytsiia dlia propytty fyltruiushcheho betona [Composition for filter concrete impregnation]. USSR author's certificate № 1825768. [in Russian].
25. Kovalenko O.V., Kruchenyuk V.D. (2013). Sposib zakhystu ta remontu zalizobetonnykh konstrukttsii [Method of protection and repair of reinforced concrete structures]. Patent of Ukraine. № 76451. [in Ukrainian].
26. Kovalenko O.V., Kruchenyuk V.D. (2013). Sposib ukriplennia i zakhystu budivelnykh konstrukttsii [A method of strengthening and protecting building structures]. Patent of Ukraine. № 76452. [in Ukrainian].
27. Kovalenko, O.V. (2018). Sposib ukriplennia ta zakhystu budivelnykh konstrukttsii [A method of strengthening and protecting building structures]. Patent of Ukraine № 130335. [in Ukrainian].

28. Kovalenko, O.V. (2018). Sposib ukriplennia ta zakhystu budivelnykh konstruksii [A method of strengthening and protecting building structures]. Patent of Ukraine. № 130336. [in Ukrainian].
29. Okopova, R.M. (1976). Oput remonta betonnykh y zhelezobetonnykh oblytsovok melyorativnykh system polymernymy materyalami [Experience in repairing concrete and reinforced concrete linings of reclamation systems with polymeric materials]. Moskva: Ekspres informatsiia TsBNTY Minvodkhoza SSSR, 4, 6-9. [in Russian].
30. Zgholych, L.M. (1978). Polymertsementnye rastvory dlia zashchytnykh pokrytyi tsylyndrovukh trub malukh dyametrov [Polymer-cement solutions for protective coatings of small diameter cylinder tubes]. Melyoratsiia y vodnoe khoziaistvo, 44, 93–96. [in Russian].
31. Kovalenko, O.V., & Ageev, A.O. (2014). Sposib zakhystu ta remontu zalizobetonnykh konstruksii [Method of protection and repair of reinforced concrete structures]. Patent of Ukraine. № 94287. [in Ukrainian].
32. Kovalenko, O.V., & Ageev, A.O. (2014). Sukha budivelna sumish dlia remontu ta vidnovlennia sporud [Dry building mix for repair and renovation of buildings]. Patent of Ukraine. № 93583 [in Ukrainian].
33. Kovalenko, O.V., & Kruchenyuk V.D. (2013). Polimertsementnyi rozchyn [Polymercement solution]. Patent of Ukraine. № 76448. [in Ukrainian].
34. Kovalenko, O.V., Sakara O.Yu. (2014). Fibrobetonna sumish [Fiber-concrete mixture]. Patent of Ukraine. № 93579. [in Ukrainian].
35. Sharshunov, A.B., Zgholich, L. M., Vlasenko, V.O., & Lytvynenko, P.Ie. (2004). Budivelni materialy dlia pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti hidrotekhnichnykh sporud. [Building materials for improving the operational reliability of hydraulic structures]. Melioratsiia i vodne hospodarstvo, 90, 237–245. [in Ukrainian].
36. Kovalenko, O.V., & Ageev, A.O. (2014). Sukha budivelna sumish dlia remontnykh hidroizoliuiuchykh rozchyniv. [Dry construction mixture for repair waterproofing solutions]. Patent of Ukraine. № 93586. [In Ukrainian].

А.В. Коваленко

Повышение эксплуатационной надежности гидротехнических сооружений полимерными и полимерцементными композиционными материалами

Аннотация. В статье рассмотрены основные характеристики и рекомендации по технологиям повышения эксплуатационной надежности и долговечности гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса с применением полимерных и полимерцементных композиционных материалов. Проанализированы технологические направления повышения противифльтрационной способности облицовок оросительных каналов с применением полимерных пленочных экранов и геомембран. Приведена информация о начале и развитии исследований по созданию модифицированных полимерцементных гидротехнических бетонов с повышенными физико-механическими свойствами для строительства, ремонта и реконструкции гидротехнических сооружений, технологических мероприятий по повышению качества сборных и монолитных железобетонных конструкций. Представлены результаты исследований по разработке различных конструкций деформационных швов, полимерных и битумно-полимерных герметиков для их устройства. Обобщены результаты исследований по разработке новых полимерных и полимерцементных композиционных материалов для защиты бетонных конструкций гидротехнических сооружений от кавитации и износа, создания бетонополимеров, полимербетонов и полимерцементов. Рассмотрены вопросы технологических основ повышения эффективности гидроизоляции гидротехнических сооружений, защиты бетона и металла от коррозии. Систематизированы результаты исследований по разработке научных и практических основ ведения ремонтно-восстановительных работ на гидротехнических сооружениях водохозяйственно-мелиоративного комплекса, защиты их от фильтрации и аварийных повреждений с применением полимерных и полимерцементных композиционных материалов. Рассматриваются основные направления развития дальнейших исследований в области создания и применения новейших технологий повышения эффективности эксплуатации, эксплуатационной надежности и долговечности гидротехнических сооружений водохозяйственно-мелиоративного комплекса

Ключевые слова: водохозяйственно-мелиоративный комплекс, гидротехнические сооружения, эксплуатационная надежность, долговечность, ремонтно-восстановительные работы, гидроизоляция, противифльтрационная защита, композиционные материалы.

O.V. Kovalenko

**Improving the operational reliability of hydraulic facilities
when using polymer and polymer-cement composites**

Abstract. *The article describes the main characteristics and recommendations on technologies of improving the operational reliability and durability of hydraulic structures of water management and drainage complex using polymer and polymer-cement composite materials. The technological areas of increasing the antifiltration ability of irrigation canal linings using polymer film screens and geomembranes were analyzed. Information is given on the beginning and development of the research on making modified polymer-cement hydraulic structures with improved physical and mechanical properties for the construction, repair and reconstruction of hydraulic structures, technological measures to improve the quality of precast and monolithic reinforced concrete structures. The results of the research on the development of various designs of expansion joints, polymer and bitumen-polymer sealants for their device are presented. The results of studies on the development of new polymer and polymer-cement composite materials for the protection of concrete structures of hydraulic facilities against cavitation and wear; the creation of concrete polymers, polymer concretes and polymer cement were summarized. The issues of technological increasing the efficiency of waterproofing hydraulic structures, protecting concrete and metal against corrosion were considered. The results of research on the development of scientific and practical foundations of repairing and restoring works at hydraulic structures of water management and drainage complex, their protection against filtration and accidental damage using polymer and polymer-cement composite materials were systematized. The main areas of further research in the field of creation and application of the latest technologies to improve the efficiency of operation, operational reliability and durability of hydraulic structures of water management and drainage complex were considered*

Key words: *water management and land reclamation complex, hydraulic structures, operational reliability, durability, repair and restoration work, waterproofing, antifiltration protection, composite materials.*