

УДК 631.6:626.8

Сучасний технічний стан каналів Інгулецької зрошувальної системи та нові конструкції облицювань із використанням геосинтетичних матеріалів

Ворошинов С. М., к.т.н.

Шевчук Я. В., головний фахівець, Інститут водних проблем і меліорації НААН України

Юзюк О. Ю., науковий співроб., Інститут водних проблем і меліорації НААН України,

e-mail: sashayuziuk@gmail.com

Анотація

Мета. Розробити нові конструкції облицювань каналів Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС) на основі аналізу їхнього сучасного технічного стану та характерних пошкоджень різних типів облицювань.

Методи. Натурні обстеження технічного стану каналів ІЗС.

Результати. Під час довготривалої експлуатації ІЗС на всіх типах облицювань, а також у конструкціях гідротехнічних споруд утворились руйнування як тріщини, сколи, пошкодження протифільтраційного плівкового екрану, руйнування деформаційних швів, зміщення залізобетонних плит, що призвело до значних щорічних фільтраційних втрат води.

Погіршення стану облицювань на каналах відбувається через те, що в процесі експлуатації вони піддаються фізичним і механічним діям зовнішнього середовища. Крім того, впродовж десятків років на меліоративних системах виконуються лише локальні ремонтні роботи із застосуванням бітумних і цементних композицій, що не забезпечує належної якості ремонтних робіт.

У статті розглядається технічна характеристика ІЗС, де наведено геометричні параметри та витрати каналів і конструкції облицювань які використані на системі. Наведені дані натурних досліджень технічного стану каналів ІЗС, запропоновані нові надійні конструкції для їх відновлення.

Висновки. За результатами проведених натурних обстежень було встановлено, що канали ІЗС знаходяться в незадовільному стані, про що свідчить їх низький коефіцієнт корисної дії.

Обстеження показали, що типові облицювання мають характерні пошкодження незалежно від того, на якому каналі вони експлуатуються. Найгірший технічний стан спостерігається в монолітно-бетонного облицювання, що свідчить про неефективність даного облицювання після довготривалої експлуатації.

Конструкції облицювань, які були запропоновані, мають великі деформаційні здатності, а також забезпечують високі протифільтраційні властивості облицювання, орієнтовний термін служби яких становить понад 50 років.

Ключові слова: зрошувальна система, технічний стан, канал, облицювання, залізобетонні плити, монолітний бетон.

UDC 631.6: 626.8

Modern technical condition of Ingulets irrigation system channel and new constructions of facings with the use of geosynthetic materials

Voroshnov S. M., Ph.D.

Shevchuk Ia. V., chief specialist, Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS of Ukraine

Yuziuk O. Yu., Researcher, Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS of Ukraine

Annotation

Purpose. To develop new constructions of facing of canals of the Ingulets irrigation system (IIS) based on the analysis of their current technical condition and characteristic damage of various types of facing.

Methods. Natural inspection of the technical state of IIS channels.

Results. As a result, long-term operation of all types of hydraulic structures constructions coatings, there formed destructions such as cracks, chips, antifiltration film screen damage, joints destruction,

concrete slabs displacement that results to substantial annual filtration water losses and high operating costs for eliminating the consequences of flooding. The deterioration of the coatings on the channels is through the physical and mechanical impact of the environment. Moreover, it were carried only local repairs for decades using bituminous and cement compositions which does not provide the appropriate quality of repairs at meliorative systems. The article deals with the technical characteristics of IIS, its geometric parameters, channel flows and coatings constructions which are used on the system. In the article research of technical conditions of channels are described and new durable design for their recovery are proposed.

Conclusions. The results of the field researchers found that IIS channels are in an unsatisfactory condition, as evidenced their low efficiency. The survey showed that the lining have typical damages regardless of their operation. The worst technical condition observed in monolithic concrete lining, which indicates the inefficiency of the lining after long-term use. It have been proposed construction designs with large deformation capacity, that provides high antifiltration properties, The approximate lifetime of these coatings is more than 50 years.

Keywords: irrigation system, technical condition, channel lining, reinforced concrete slabs, monolithic concrete.

УДК 631.6:626.8

Современное техническое состояние каналов Ингулецкой оросительной системы и новые конструкции облицовок с использованием геосинтетических материалов

Ворошинов С. Н., к.т.н.

Шевчук Я. В., главный специалист, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины

Юзюк А. Ю., научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины

Аннотация

Цель. Разработать новые конструкции облицовок каналов Ингулецкой оросительной системы (ИОС) на основе анализа их современного технического состояния и характерных повреждений различных типов облицовок.

Методы. Натурные обследования технического состояния каналов ИОС.

Результаты. При длительной эксплуатации ИОС на всех типах облицовок, а также в конструкциях гидротехнических сооружений образовались разрушения в виде трещин, сколов, повреждений противofильтрационного пленочного экрана, разрушение деформационных швов, смещение железобетонных плит, что привело к значительным ежегодным фильтрационным потерям воды.

Ухудшение состояния облицовок на каналах происходит потому, что в процессе эксплуатации они подвергаются физическим и механическим воздействиям внешней среды. Кроме того, в течение десятков лет на мелиоративных системах выполняются только локальные ремонтные работы с применением битумных и цементных композиций, которые не обеспечивают надлежащего качества ремонтных работ.

В статье рассматривается техническая характеристика ИОС, где приведены геометрические параметры и расходы каналов, конструкции облицовок, которые использованы на системе.

Приведены данные натурных исследований технического состояния каналов ИОС, предложены новые надежные конструкции для их восстановления.

Выводы. По результатам проведенных натурных обследований было установлено, что каналы ИОС находятся в неудовлетворительном состоянии, о чем свидетельствует их низкий коэффициент полезного действия.

Обследования показали, что типичные облицовки имеют характерные повреждения независимо от того, на каком канале они эксплуатируются. Самое худшее техническое состояние наблюдается в монолитно-бетонной облицовке, что свидетельствует о неэффективности данной облицовки после длительной эксплуатации.

Конструкции облицовок, которые были предложены, имеют большие деформационные способности, а также обеспечивают высокие противofильтрационные свойства облицовки, ориентировочный срок службы которых составляет более 50 лет.

Ключевые слова: оросительная система, техническое состояние, канал, облицовка, железобетонные плиты, монолитный бетон.

Постановка проблемы. На сьогодні в Україні протяжність відкритих зрошувальних каналів становить 10086 км, із них із проти-фільтраційним облицюванням – 6589 км,

у земляному руслі – 3497 км. Найпоширенішими протифільтраційними конструкціями, які використовувалися, є монолітно-бетонне та збірно-залізобетонне облицювання. Унаслідок довготривалої експлуатації на всіх типах облицювань, а також у конструкціях гідротехнічних споруд, утворилися руйнування як тріщини, сколи, пошкодження протифільтраційного плівкового екрана, руйнування деформаційних швів, зміщення залізобетонних плит, що призводить до значних щорічних фільтраційних втрат води та великих експлуатаційних затрат на усунення наслідків підтоплення.

Погіршення стану облицювань на каналах відбувається через те, що в процесі експлуатації вони піддаються фізичним і механічним діям зовнішнього середовища, а

саме: гідравлічному та фільтраційним тискам у дефектах матеріалу облицювань, кавітації, фізичному старінню, періодичному зволоженню та висушуванню під час зміни рівнів, які супроводжуються набуханням та усадкою ґрунтової основи екрану, вилужуванню та корозії, під дією розчинених у воді солей. Крім того, впродовж десятків років на меліоративних системах виконуються лише локальні ремонтні роботи із застосуванням бітумних і цементних композицій, що не забезпечує належної якості ремонтних робіт.

Мета досліджень. Аналіз результатів обстеження технічного стану каналів ІЗС (рис. 1) [1] та розробка нових надійних конструкцій внаслідок виявлення типових пошкоджень на різних типах облицювань.



Рис. 1. Схема ІЗС
Fig. 1. Diagram IZS

Методи досліджень. Натурні обстеження технічного стану каналів ІЗС.

Результати досліджень. Вивчені матеріали проектних та експлуатаційних організацій і публікацій дозволили встановити, що в геологічному плані вся територія масиву перекрита потужною (до 40 м) товщею четвертинних суглинків різного механічного

складу. Шари більш важких ґрунтів, що зустрічаються на глибині 6–10 м, створюють водотрив для просочування фільтраційних вод у глибші горизонти та зумовлюють утворення ґрунтових вод типу «верховодки».

Коефіцієнти фільтрації верхніх шарів суглинку коливаються від 0,2 до 0,7 м/добу. Більш водопроникні ґрунти західної окраїни

масиву, де плато переходить у пліоценову терасу Південного Бугу – тут під шаром лесовидних суглинків залягають піщані відкладення.

Суглинки залягають на червоно-бурих глинах, що мають суцільне поширення в північній половині масиву та окремими ділянками зустрічаються на його південному заході. Потужність червоно-бурих глин – від 3–4 м до 10–12 м.

Площа зрошення системи становить 62 тис. га, із них 43 тис. га у Миколаївській області та 19 тис. га у Херсонській. Уся зрошувальна мережа відкритих каналів була запроектована та побудована без проти-фільтраційного захисту.

Джерело зрошення – р. Дніпро, де вода забирається та попадає в «антиріку» Інгулець, яка також розчищена та поглиблена до головної насосної станції. Канали ІЗС побудовані в насипу або в напівнасипу-напіввиїмці у зв'язку з тим, що підконтрольні площі зрошення знаходяться на безухильній площині. По північній межі зрошуваного масиву зі сходу на захід прокладено магістральний канал (МК) довжиною 53,3 км. Від нього відходять, спрямовані з півночі на південь, 11 міжгосподарських розподільвачів протяжністю 361,5 км, а протяжність внутрішньогосподарських каналів становить 1263 км (табл. 1). Площа зрошення складає 92%.

**Таблиця 1. Характеристики відкритої зрошувальної мережі ІЗС
Table 1. Characteristics of the open irrigation network IZS**

Назва каналу	Геометричні параметри та витрата каналу				
	довжина, <i>L</i> , км	ширина по дну, <i>b</i> , м	закладання укусу, <i>t</i>	глибина каналу, <i>h</i> , м	витрата, <i>Q</i> , м ³ /с (у голові / у хвості)
МК	53,30	19,50	1,50	3,30	62,40 / 10,50
P-1	40,40	3,60	1,50	1,80	2,50 / 0,50
P-1-1	7,40	1,10	1,15	1,40	0,50
P-2	16,70	3,20	1,50	1,95	2,80 / 1,20
P-2-1	8,30	2,20	2,00	1,75	1,2 / 0,6
P-3	26,40	3,50	1,50	2,10	3,60 / 1,40
P-3-1	12,00	2,50	1,25	1,50	1,50 / 0,60
P-4	35,38	3,90	1,50	2,10	3,50 / 2,20
P-4-2	15,32	2,00	1,50	1,85	2,00 / 0,30
P-5	21,80	2,60	1,50	1,80	2,50 / 0,3
P-6	4,25	1,00	1,50	1,30	0,70
P-7	21,90	2,00	1,25	1,20	1,50 / 0,60
P-8	6,87	1,50	1,50	1,00	0,80 / 0,50
P-9	42,90	4,50	1,50	1,90	3,40 / 0,50
P-9-1	7,00	1,10	1,50	1,70	0,85
P-9-2	5,50	1,00	1,50	1,30	0,50
P-9-3	8,00	1,00	1,25	1,00	0,75
P-9-4	5,50	0,80	1,25	0,80	0,25 / 0,10
P-10	19,20	2,00	1,50	1,80	1,30 / 0,30
P-11	29,50	6,00	1,50	2,70	10,50 / 0,80
P-11-1	27,20	4,00	1,50	2,40	2,50 / 0,40

На першому етапі будівництва системи не передбачалося протифільтраційне облицю-

вання каналів і колекторно-дренажної мережі. За період експлуатації великі фільтраційні

втрати води призвели до підтоплення прилеглих територій, погіршивши меліоративний стан зрошуваних земель [2, 3].

Слід зазначити, що до початку зрошення ґрунтові води на масиві залягали на глибині 6–15 м від поверхні.

У зв'язку з незадовільною меліоративною обстановкою, що створилася, та незадовільним технічним станом зрошувальної мережі з 1961 до 1973 року проводили роботи з технічної реконструкції системи за допомогою облицювання каналів, побудови горизонтального дренажу та водозбірно-скидної мережі. Під час робіт використали різноманітні конструкції для протифільтраційного захисту МК і всієї міжгосподарської мережі.

Загалом на системі монолітно-бетонне облицювання складає 160,97 км (38,87%),

збірно-залізобетонне – 226,82 км (54,73%), асфальтобетонне покриття – 1,7 км (0,41%), збірно-залізобетонне без облицювання дна – 22 км (5,31%), комбіноване (правий укіс – збірно-залізобетонне, лівий укіс – монолітно-бетонне, по дну – монолітно-бетонне) – 2,8 км (0,68%).

Після завершення реконструкції ІЗС експлуатується вже 43 роки. За цей період на окремих ділянках із монолітно-бетонним облицюванням проводився капітальний ремонт із застосуванням геосинтетичних матеріалів, а саме 2006 року на каналі Р-10 (ПК 74–81) із використанням геомембрани ДЕЛЬТА-МС-5000 із захисним шаром із бетону, та 2012 року на МК (ПК 531–532 + 50) із використанням геомембрани GSE (товщиною 1 мм) без захисного шару (рис. 2).

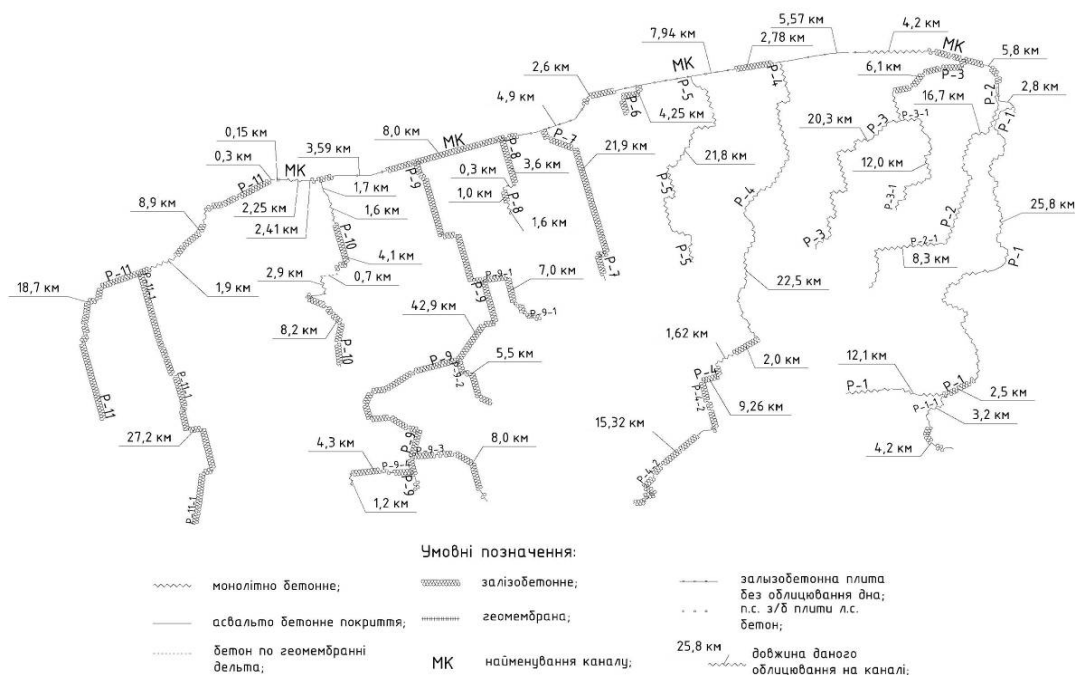


Рис. 1. Схема розміщення облицювань на Інгuleцькій зрошувальній системі
 Fig. 2. Scheme of placing cladding on Ingulets irrigation system

Працівниками Інституту водних проблем і меліорації за даними Управління каналами ІЗС та Снігурівського УВГ були розраховані коефіцієнти корисної дії (ККД) каналів станом на 01.12.2015 року (табл. 2). Розрахунок проводився балансовим методом.

ККД (η) визначався за формулою:

$$\eta = (Q_{\text{нетто}} / Q_{\text{брутто}}) \cdot 100, \%$$

де $Q_{\text{нетто}}$ – кількість спожитої води, тис. м³;

$Q_{\text{брутто}}$ – кількість забраної води, тис. м³.

Зроблено висновок, що ККД низькі та не відповідають проектним, які регламентуються [6]. У період із 1 до 7 квітня 2016 року з метою оцінки технічного стану на основі [7, 8] було обстежено ряд каналів з облицюванням із монолітного бетону та збірного залізобетону.

Таблиця 2. Балансові розрахунки ККД
Table 2. Balance calculations of efficiency

Канал	Водозабір, $Q_{\text{брutto}}$, тис. м ³	Водоподача, $Q_{\text{нетто}}$, тис. м ³	Передано в розподільчі канали, тис. м ³	Втрати, тис. м ³	ККД, %
МК	88453,9	25851,0	40835	21767,9	75
P-1	7379,0	2392,0	–	4987,0	32
P-2	1690,0	337,0	–	1353,0	20
P-3	8359,0	5418,0	–	2941,0	65
P-4	1388,0	747,4	–	640,6	54
P-5	616,0	370,0	–	246,0	60
P-7	103,0	33,0	–	70,0	32
P-9	10052,0	2723,2	–	7328,8	27
P-10	5626,0	2760,6	–	2865,4	49
P-11	16390,0	9020,5	–	7369,5	55

Обстеження були проведені на МК (ПК 80–92, ПК 175–195, ПК 520–533), P-1 (ПК 198–225), P-3(ПК 0–38), P-4 (ПК 0–20), P-11 (ПК 0–47) (рис. 3–6).



Рис. 3. МК (ПК88)
Fig. 3. МК (PC88)



Рис. 4. МК (ПК181)
Fig. 4. МК (PC181)



Рис. 5. МК (ПК530)
Fig. 5. МК (PC530)



Рис. 6. Канал P-3 (ПК7)
Fig. 6. Channel P-3 (PC7)

Результати обстежень показали, що ділянки, на яких використовують облицювання одного типу, мають аналогічні пошкодження. На ділянках збірно-залізобетонного облицювання використали плити НПК6,0x2,0x0,06; НПК6,0x1,5x0,06; НПК6,0x1,0x0,06; НПК6,0x0,75x0,06. Для ділянки МК (ПК 80–86, ПК 175–195) на укосах влаштовували 2 плити НПК6,0x2,0x0,06 і 1 – НПК6,0x0,75x0,06, по дну укладені залізобетонні плити 3x2x0,135. На 100 пог. м каналу руйнування швів

становить 45%, на укосах 4% плит мають повздовжню тріщину, а також 4% плит мають цілісні пошкодження.

На каналі P-3 (ПК 0–32 + 50) для укосів використали 1 – НПК6,0x2,0x0,06 та 1 – НПК6,0x1,0x0,06, по дну – 2 – НПК6,0x1,5x0,06 та 1 – НПК6,0x1,0x0,06. На 100 пог. м каналу на укосах 3% плит сповзло, 6% мають повздовжню тріщину через уся плити, та відбулося 43% руйнування швів. На каналі P-11 (ПК 0–47) на укосах влаштовували 2 – НПК6,0x2,0x0,06, по дну – 1 –

НПК6,0x1,0x0,06, 3 – НПК6,0x2,0x0,06. На 100 пог. м каналу відбулося 84% руйнування швів, 8% плит сповзло, 3% мають пошкодження геометрії до 22% від площі плити. Основними пошкодженнями в системі є: руйнування швів (51%), проростання рослинності через шви (15%), сповзання плит (6%), утворення тріщин на плитах (8%), руйнування поліетиленового екрана (51%).

На ділянках каналів із монолітним бетонним облицюванням МК (ПК 520–533 ПК 86–92), канали Р-1 (ПК 198–225) 84 %, Р-3 (ПК 32 + 50–38), Р-4 (ПК 0–20), спостерігаються характерні пошкодження: поверхневі тріщини різного характеру – 35–79%, повне руйнування бетону – 6–35%, порушення стикових деформаційних швів – 40–85%.

МК на всій довжині проходить у насипу 32,2 км та в напівнасипу-напіввиїмці 21,1 км. Загальний технічний стан дамб

каналу задовільний. Права дамба має ширину зверху до 5 м, ліва – до 3 м. Розподільчі канали проходять у насипу 208 км, напівнасипу-напіввиїмці 88,7 км, у виїмці 64,7 км. Дамби на розподільчих каналах мають ширину зверху до 1 м, технічний стан дамб незадовільний. Для будівництва дамб у всій системі використовували місцевий ґрунтовий матеріал, а саме легкі та середні бурувато-жовті палеві суглинки та легкі палево-жовті лесовидні суглинки [4].

Для покращення роботи ІЗС потрібно провести реконструкцію найбільш пошкоджених ділянок каналів [8]. Виходячи з результатів натурних обстежень технічного стану, такими слід вважати канали з монолітно-бетонним облицюванням. Під час реконструкції пропонуємо використовувати конструкції облицювань із використанням геосинтетичних матеріалів (рис. 7).

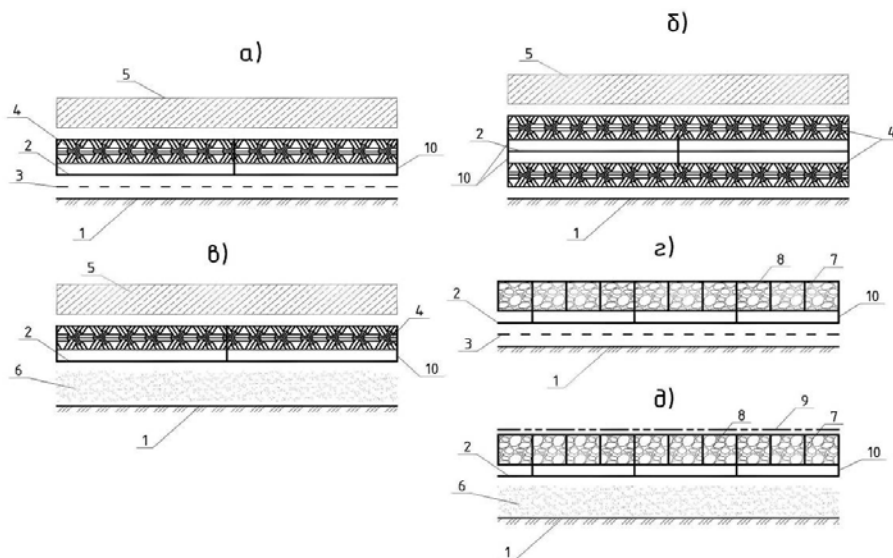


Рис. 7. Рекомендовані типи конструкцій облицювань під час реконструкції зрошувальних каналів:

- а) геокомпозит із геомембрани, геотекстиля та протиерозійного мата;
 - б) геокомпозит із геомембрани та двох протиерозійних матів;
 - в) геокомпозит із геомембрани та протиерозійного мата;
 - г) геокомпозит із геомембрани, об'ємної георешітки та геотекстиля;
 - д) геокомпозит із геомембрани, об'ємної георешітки та розплавленого синтетичного матеріалу;
- 1 – існуюче монолітно-бетонне облицювання; 2 – геомембрана; 3 – геотекстиль; 4 – протиерозійний мат;
 5 – монолітний бетон; 6 – піщана подушка; 7 – об'ємна георешітка; 8 – гравійний наповнювач;
 9 – розправлений синтетичний матеріал; 10 – місця спаювання геосинтетичних матеріалів точковою сваркою до геомембрани

Fig. 7. Recommended types of structures cladding in the reconstruction of irrigation channels:

- a) geocomposite of geomembrane, geotextile and anti-erosion mat;
 - b) geocomposite of geomembrane and two anti-erosion mats;
 - c) geocomposite with geomembrane and anti-erosion mat;
 - d) geocomposite of geomembrane, bulk geogrid and geotextiles;
 - e) geocomposite with geomembrane, bulk geogrid and molten synthetic material;
- 1 – existing monolithic concrete lining; 2 – geomembrane; 3 – geotextiles; 4 – anti-erosion mat;
 5 – monolithic concrete; 6 – a sand pillow; 7 – bulk geogrid; 8 – gravel filler; 9 – controlled synthetic material;
 10 – places of geosynthetic materials joining with point welding to geomembrane

Конструкції а), б), в) рекомендуємо використовувати на каналах із ґрунтовою основою із середніх суглинків, конструкції г), д) – на легких суглинках та легких лесовидних суглинках.

Конструкції облицювань, які пропонуємо, мають великі деформаційні здатності, а також забезпечують високі протифільтраційні властивості облицювання, приблизний термін служби даних облицювань становить понад 50 років.

Протифільтраційні покриття з використанням геосинтетичних матеріалів за своїми експлуатаційними якостями перевершують традиційні покриття, виконані з поліетиленової плівки, за показниками водонепроникності в 2–4 рази, за показниками довговічності в 4–6 разів.

Висновки. За результатами проведених натурних обстежень було встановлено, що канали ІЗС знаходяться в незадовільному стані, про що свідчить їх низький коефіцієнт корисної дії.

Обстеження показали, що типові облицювання мають характерні пошкодження незалежно від того, на якому каналі вони експлуатуються. Найгірший технічний стан спостерігається в монолітно-бетонного облицювання, що свідчить про неефективність даного облицювання після довготривалої експлуатації.

Конструкції облицювань, які були запропоновані, мають великі деформаційні здатності, а також забезпечують високі протифільтраційні властивості облицювання, орієнтовний термін служби яких становить понад 50 років.

Бібліографія

1. Водне господарство в Україні / за ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. К.: Генеза, 2000. 456 с.
2. Бакшеев Е. А. Днепровские водохранилища и их народнохозяйственный эффект: воспоминания и размышления проектировщика (2-е доп. изд.). К.: Довіра, 2008. 159 с.
3. Мелиорация на Украине (2-е изд., доп. и перераб.) / под ред. Н. А. Гаркуши. К.: Урожай, 1985. 376 с.
4. Дослідження ефективності і зміни технічного стану монолітного облицювання в процесі довготривалої експлуатації / Л. Ю. Чернишевська, Я. В. Шевчук, О. Н. Кафтан [та ін.]. *Мелиорация і водне господарство*. К., 2005. Вип. 92. С. 183–190.

5. Алексеевский В. Е. Фильтрация из магистрального канала Ингулецкой оросительной системы. *Гидротехника и мелиорация: ежемесячный научно-производственный журнал Министерства сельского хозяйства СССР*. М., 1962. Вып. 2. С. 23–27.

6. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди (чинний від 2000-01-01). К., 1999. 178 с.

7. Посібник до ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди. (Методика оцінки технічного стану каналів меліоративних систем). К., 2009. 48 с.

8. Рекомендації з мінімізації непродуктивних втрат із зрошувальних каналів після довготривалої експлуатації / В. Д. Крученко [та ін.]. К.: ІВПіМ НААН, 2015. 26 с.

Bibliografia

1. Vodne gospodarstvo v Ukraini / za red. A. V. Yatsyka, V. M. Khoryeva. K.: Heneza, 2000. 456 s.
2. Baksheev E. A. Dneprovskyye vodokhranylyshcha y ykh narodnokhozyaystvennyy effekt: vospomynaniya y razmyshleniya proektyrovshchika (2-e dop. yzd.). K.: Dovira, 2008. 159 s.
3. Melyoratsyya na Ukraine (2-e yzd., dop. y pererab.) / pod red. N. A. Harkushy. K.: Urozhay, 1985. 376 s.
4. Doslidzhennya efektyvnosti i zminy tekhnichnoho stanu monolitnoho oblytsyuvannya v protsesi dovhotryvaloyi ekspluatatsiyi / L. Yu. Chernyshevskaya, Ya. V. Shevchuk, O. N. Kaftan [ta in.]. *Melioratsiya i vodne gospodarstvo*. K., 2005. Vyp. 92. S. 183–190.
5. Alekseevskyy V. E. Fyltratsyya yz mahystralnoho kanala Ynhuletskoy orosytelnoy systemy. *Hydrotekhnika y melyoratsyya: ezhemesyachnyy nauchno-proyzvodstvennyy zhurnal Mynysterstva selskoho khozyaystva SSSR*. M., 1962. Vyp. 2. S. 23–27.
6. DBN V.2.4-1-99. Melioratyvni systemy ta sporudy (chynnyy vid 2000-01-01). K., 1999. 178 s.
7. Posibnyk do DBN V.2.4-1-99. Melioratyvni systemy ta sporudy. (Metodyka otsinky tekhnichnoho stanu kanaliv melioratyvnykh system). K., 2009. 48 s.
8. Rekomendatsiyi z minimizatsiyi neproduktyvnykh vtrat iz zroshuvalnykh kanaliv pislya dovhotryvaloyi ekspluatatsiyi / V. D. Kruchenyuk [ta in.]. K.: IVPiM NAAN, 2015. 26 s.

References

1. Water management in Ukraine / ed. A. V. Jacyka, V. M. Khorev. K.: Genesis, 2000. 456 p.
2. Baksheev E. A. Dnieper reservoirs and their national economic effect: recollections and

reflections of the designer (2nd add. ed.). K.: Dovira, 2008. 159 p.

3. Land reclamation in Ukraine (2nd ed. additional. and pererab.) / ed. N. A. Garkushi. K.: Harvest, 1985. 376 p.

4. Research of efficiency and change of the technical state of monolithic facing in the process of long-term operation / L. Yu Chernyshevskaya, Ya. V. Shevchuk, O. N. Kaftan [and others]. *Reclamation and water management*. K., 2005. Issue 92. Pp. 183–190.

5. Alekseevsky V. E. Filtration from the main channel of the Ingulets irrigation system. *Hydrotechnics and reclamation: the monthly scientific*

and production magazine of the Ministry of Agriculture of the USSR. M., 1962. Issue 2. Pp. 23–27.

6. DBN V.2.4-1-99. Reclamation systems and structures (effective from 01/01/2000). K., 1999. 178 p.

7. Guide to DBN V.2.4-1-99. Reclamation systems and structures. (Methodology for assessing the technical condition of channels for reclamation systems). K., 2009. 48 p.

8. Recommendations for minimizing unproductive losses from irrigation canals after long-term operation / V. D. Kruchenyuk [et al.]. K.: IVPIM NAAN, 2015. 26 p.