

УДК 626.81/84;631.67

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.4.8>

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОМЕМБРАНИ SOLMAXHDPE З ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ У РАЗІ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ОБЛИЦЮВАННЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ У ПІВДЕННОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Морозов О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5617-0813

Морозов В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2594-883X

Козленко Є.В. – кандидат сільськогосподарських наук,
докторант
Інституту зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-3001-8220

У статті представлені матеріали досліджень технічного стану бетонного облицювання Інгулецького магістрального каналу, який функціонував 58 років, конструкції та технології застосування інноваційного протифільтраційного покриття – геомембрани SolmaxHDPE з поліетилену високої щільності – для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України.

Метою досліджень було встановлення можливості застосування геомембрани з поліетилену високої щільності для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи.

Управлінням каналів Інгулецької зрошувальної системи (УК ІЗС) у 2013 році виконано ремонт аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу із застосуванням сучасних полімерних матеріалів, виконаний протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007, $t = 1$ мм).

Відпрацьована технологія укладки геомембрани на дно і відкоси магістрального каналу. Геомембрана укладається на вирівняне наявне облицювання із монолітного бетону. Дно каналу було вирівняно шаром піску товщиною 10 см. Екран з геомембрани у верхній частині каналу на довжині 127 м закріплений на запличаках у зуб, а інші 23 м екрана металевими пластинами до монолітного бетону з використанням дюбелів. На дні каналу протифільтраційний екран був привантажений залізобетонними опорами з поперечним перерізом 300 мм x 200 мм, вужчою площиною до низу. У місцях привантаження екрана для захисту геомембрани від механічного пошкодження було використано геотекстиль.

Протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007 $t = 1$ мм), як показали дослідження на ділянці Інгулецького магістрального каналу, забезпечує суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися під час будівництва та реконструкції наявного протифільтраційного облицювання на каналах Інгулецької, Краснознам'янської, Явкінської, Татарбунарської зрошувальних систем, Північно-Кримського каналу та на всіх інших зрошувальних системах Південного регіону України.

Подальшими дослідженнями є визначення терміну служби геомембрани, її надійності, ефективності та вдосконалення технологій будівництва такого протифільтраційного покриття – геомембрани – з огляду на регіональні та технічні особливості зрошувальних каналів різних порядків у Південному регіоні України.

Ключові слова: канали, фільтрація, облицювання, інноваційна гідробудівельна конструкція, геомембрана, Інгулецький магістральний канал.

Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Y.V. Application of SOLMAXHDPE geomembrane from high-density polyethylene at restoration of antifiltration facing of irrigated channels in the Southern region of Ukraine

The article presents materials of researches of technical condition of concrete facing of Ingulets trunk channel, which functioned for 58 years, constructions and technologies of application of innovative anti-filtration coating – geomembrane SOLMAXHDPE from high-density polyethylene, at restoration of anti-filtration facing of irrigation channels in the Southern region of Ukraine.

The aim of the research was to establish the possibility of using a geomembrane made of high-density polyethylene in the restoration of anti-filtration lining of irrigation channel in the Southern region of Ukraine, on the example of Ingulets irrigation-flooding.

In 2013, the Ingulets Irrigation System (UCS) Canal Department repaired the emergency section of the Ingulets Trunk Channel with the use of modern polymeric materials, and made an anti-filtration screen made of HDPE geomembrane (high density polyethylene) Solmax 440-70007, $t = 1$ mm).

The technology of laying the geomembrane on the bottom and slopes of the Trunk Channel has been worked out. The geomembrane is laid on the leveled existing facing from monolithic concrete. The bottom of the channel was leveled with a layer of sand 10 cm thick. The screen of geomembrane in the upper part of the channel at a length of 127 m is fixed on the shoulders in the tooth, and the other 23 m of the screen with metal plates to monolithic concrete using dowels. At the bottom of the channel, the anti-filtration screen was loaded with reinforced concrete supports with a cross section of 300 mm x 200 mm, a narrower plane to the bottom. Geotextiles were used at the screen loading points to protect the geomembrane from mechanical damage.

Anti-filtration screen made of HDPE geomembrane (high density polyethylene) Solmax 440-70007, $t = 1$ mm), as shown by studies on the Ingulets Trunk Channel, provides a significant reduction in filtration losses and can be used in the construction and reconstruction of existing anti-filtration cladding, Yavkin, Tatarbunary irrigation systems, Northern-Channel canal and all other irrigation systems of the Southern region of Ukraine.

Further ways of research are to determine the service life of the geomembrane, its reliability, efficiency and improvement of construction technologies of this anti-filtration coating – geomembrane, taking into account regional and technical features of irrigation channel of different types in the Southern region of Ukraine.

Key words: channels, filtration, facing, innovative hydraulic construction, geomembrane, Ingulets Trunk Channel.

Вступ. На зрошувальних каналах усіх зрошувальних систем, які побудовані в Південному регіоні України в 60–70-х роках минулого століття, є загальна проблема: прийшли в незадовільний технічний стан облицювання багатьох магістральних і розподільних каналів. Ці бетонні протифільтраційні облицювання перестали відігравати свою роль – зменшувати фільтраційні втрати води з каналів, у результаті чого відбувається підтоплення ґрунтовими водами приканальних територій та зрошуваних ділянок, погіршується еколого-меліоративний стан зрошуваних та прилеглих до них ландшафтів.

Постановка проблеми. Особливо небезпечно ситуація з незадовільним технічним станом бетонного облицювання каналів розвивається на зрошувальних системах, які будувались першими в Україні, коли ще не був накопичений необхідний будівельний досвід, не розроблені відповідні конструкції та технології. Інгулецька зрошувально-обводнювальна система (ІЗОС) була побудована однією з перших в Україні. Будівництво Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи розпочате в 1951 році будівельно-монтажним управлінням № 14 (БМУ-14 Управління «Укрводбуд») та тривало 13 років, з 1951 по 1963 роки.

Інгулецький магістральний канал (загальна протяжність якого 53,5 км) запроєктований і був збудований у земляному руслі, як і більшість каналів того часу. Бетонне та залізобетонне облицювання каналу проєктом передбачено не було у зв'язку з відсутністю на той час досвіду будівництва та експлуатації гідротехнічних систем і споруд, необхідної кількості будівельних матеріалів, техніки, кадрів

і високої вартості робіт. Було виконане бетонне облицювання тільки на окремих ділянках магістрального каналу (МК) Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи. Аналогічна ситуація спостерігалась під час будівництва Північно-Кримського та Краснознам'янського магістральних каналів.

Уже в 1966 році були розпочаті роботи з реконструкції Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи, їх здійснювали БМУ-25 «Миколаївводбуд» та БМУ-22 «Миколаївводбуд». У результаті реконструкції було виконано часткове облицювання магістрального каналу монолітним бетоном і залізобетонними плитами, що деякою мірою підвищило коефіцієнт корисної дії (ККД) каналу та відповідно зменшило фільтраційні втрати поливної води [1].

Але питання боротьби з фільтраційними витратами із зрошувальних каналів як Інгулецької, так і подібних систем у Південному регіоні України залишається актуальним.

Метою досліджень було встановлення можливості застосування геомембрани з поліетилену високої щільності для відновлення протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у Південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи.

Основні завдання досліджень:

– вибір об'єкта дослідження – каналу, який розташований і функціонує в умовах, які є типовими для більшості зрошувальних систем Південного регіону України;

– оцінка технічного стану каналу і розробка конструкції та технології укладки інноваційного протифільтраційного покриття;

– розробка рекомендацій з поширення накопиченого науково-технічного та практичного досвіду в Україні та за її межами.

Об'єкт дослідження – фрагмент аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу.

Матеріали і методи дослідження. Були використані матеріали Інституту водних проблем і меліорації НААН, Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи, Снігурівської гідрогеолого-меліоративної партії.

Використано такі **методи дослідження**, як: натурний польовий експеримент, спостереження, аналітичний огляд технічної літератури, аналіз і узагальнення фактичних даних.

Типовість інженерно-геологічних умов Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи для сухостепової зони України була встановлена методом районування території [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями особливостей умов проєктування, будівництва та експлуатації меліоративних систем і гідротехнічних споруд меліоративного призначення в Україні займалися Держводагентство України, ВАТ «Укрводпроєкт», Інститут водних проблем і меліорацій НААН (О. Олійник, М. Ромашенко, Б. Чалий, П. Коваленко, В. Лелявський, В. Дупляк, М. Губіна та ін.) [7].

Вирішенням проблем інженерного захисту територій та споруд від підтоплення та затоплення займалися Український державний науково-дослідний інститут проблем водопостачання, водовідведення та охорони навколишнього природного середовища «УкрВОДГЕО» (О. Абрамович, В. Єгупов, С. Разметаєв, О. Чебанов), Український державний головний науково-дослідний та виробничий інститут інженерно-технічних та екологічних вишукувань (А. Головков, О. Куденко, В. Соколов, Ю. Солодовніков, Г. Стрижельчик), Державний науково-дослідний

інститут будівельних конструкцій (Я. Червінський, В. Шумінський), Дніпропетровський державний проєктний інститут житлового і цивільного будівництва (С. Домашенко, А. Самойленко, Л. Самойленко), Харківська національна академія міського господарства (В. Таранов) [8].

Виклад основного матеріалу досліджень. Управлінням каналів Інгулецької зрошувальної системи (УК ІЗС) у 2013 році (головний інженер УК ІЗС Є. Козленко) виконано ремонт аварійної ділянки Інгулецького магістрального каналу із застосуванням сучасних полімерних матеріалів, виконаний протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) (рис. 1, 2).



Рис. 1. Технічний стан бетонного облицювання Інгулецького магістрального каналу до виконання ремонтних робіт (фото Є. Козленка)

Ґрунти, на яких побудований Інгулецький магістральний канал, – середні і важкі суглинки, є типовими не тільки для всієї ІЗОС, а і для інженерно-геологічних, геоморфологічних, ландшафтних та ґрунтових умов Каховського магістрального каналу, Північно-Кримського каналу, Краснознам'янського магістрального каналу, Татарбунарського та інших магістральних та розподільчих каналів Південного регіону України (адміністративні області: Херсонська, Миколаївська, Одеська, Запорізька та Автономна Республіка Крим). Було запропоноване використання як основного протифільтраційного матеріалу геомембрани Solmax, виробник Solmax International (ПЕВП–HDPE, країна-виробник – Канада), товщиною 1,0 мм.

Геомембрана Solmax випускається з поліетилену високого і низького тиску, добавками до якого виступають сажа, антиокислювачі та стабілізатори теплового

старіння. Випускаються як гладкі, так і структуровані геотехнічні мембрани Solmax. У функціональному плані обидва різновиди геомембран Solmax використовуються для поділу і запобігання взаємопроникненню твердих, рідинних і газоподібних субстанцій.



Рис. 2. Технічний стан Інгулецького магістрального каналу після виконання ремонтних робіт (укладання геомембрани) (фото Є. Козленка)

Сфери застосування геомембран SOLMAX: будівництво та ремонт полігонів твердих побутових відходів (ТПВ); будівництво промислових відстійників і накопичувачів рідин, у тому числі токсичних і агресивних; дорожнє будівництво, зведення дорожнього полотна та інженерно-технічних об'єктів (тунелів, підземних переходів, накопичувачів стічних вод); зведення промислових басейнів, пожежних водойм, резервуарів питної води; у сільському господарстві – будівництво зрошувальних каналів, зведення гноєсховищ; гідробудівництво – захист бетонних або металевих підстав дамб, мостів та хвилерізів; цивільне та промислове будівництво – протикорозійного захисного шару фундаментів та інших заглиблених у ґрунт конструкцій.

Властивості і технічні характеристики геомембрани Solmax: високі антикорозійні та гідроізоляційні показники; хімічна стійкість, можливість безпечного зберігання рідин з рівнем рН від 0,5 до 14; активна протидія руйнівному впливу сонячного ультрафіолетового випромінювання; висока еластичність, здатність до подовження без втрати корисних якостей – до 850%; висока міцність на розтяг – до 26,2 МПа; довгий термін експлуатації без обслуговування і ремонту; нетоксичність та екологічна чистота [3].

Відпрацьована технологія укладки геомембрани на дно і відкоси магістрального каналу. Геомембрана укладається на вирівняне наявне облицювання із монолітного бетону. Дно каналу було вирівняно шаром піску товщиною 10 см. Екран з геомембрани у верхній частині каналу на довжині 127 м закріплений на заплечиках у зуб, а інші 23 м екрана металевими пластинами до монолітного бетону з використанням дюбелів. На дні каналу протифільтраційний екран був привантажений залізобетонними опорами з поперечним перерізом 300 мм x 200 мм, вужчою площиною до низу. У місцях привантаження екрана для захисту геомембрани від механічного пошкодження було використано геотекстиль.

У 2015 році після закінчення поливного сезону, після опорожнення магістрального каналу, експертна технічна комісія, до складу якої входили представники Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи та Інституту водних проблем і меліорації НААН, провела обстеження технічного стану дослідної ділянки з відновлення протифільтраційного облицювання Інгулецького магістрального каналу на ПК531-532+50 та встановила таке:

- екран з поліетиленової геомембрани перебуває у задовільному (проектному) стані;
- пориви і розгерметизація швів відсутні;
- просадок і поривів екрана по всьому периметру дослідної ділянки каналу не спостерігається;
- аналіз динаміки рівня ґрунтових вод по двох створах показав, що положення кривої депресії у першому створі на дослідній ділянці каналу, де укладено протифільтраційне покриття з геомембрани, знаходяться нижче ніж у другому створі на ділянці каналу з наявним облицюванням, що свідчить про ефективність проведених протифільтраційних заходів [4].

Комплексними дослідженнями доведена типовість Інгулецького зрошуваного масиву для значної більшості території сухостепової зони України за ґрунтовими, ландшафтними, інженерно-геологічними, гідрогеологічними, геоморфологічними та водогосподарськими характеристиками [5].

Висновки і пропозиції. Протифільтраційний екран з геомембрани HDPE (поліетилен високої щільності) Solmax 440-70007, $t = 1$ мм), як показали дослідження на ділянці Інгулецького магістрального каналу, забезпечує суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися під час будівництва та реконструкції наявного протифільтраційного облицювання на каналах Інгулецької, Краснознам'янської, Явкінської, Татарбунарської зрошувальних систем, Північно-Кримського каналу та на всіх інших зрошувальних системах Південного регіону України.

Подальшими дослідженнями є визначення терміну служби геомембрани, її надійності, ефективності та вдосконалення технологій будівництва такого протифільтраційного покриття – геомембрани – з огляду на регіональні та технічні особливості зрошувальних каналів різних порядків у Південному регіоні України. Під надійністю такого протифільтраційного покриття розуміється насамперед забезпечення безперебійного функціонування каналів, збереження проектних значень усіх характеристик протифільтраційної геомембрани впродовж запланованого періоду її експлуатації (треба також встановити цей період безперебійної експлуатації геомембрани), а також стійкість техніко-економічних показників та перспективність такого інноваційного конструктивного елементу зрошувальних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку : монографія / за ред. О.В. Морозова. Херсон : Айлант, 2020. 204 с.
2. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>.
3. URL: <https://ua.bizorg.su/membrany-gidroizolyatsionnye-r/p4595452-geomembrana-solmax-pevphdpe-tolshtinoy-1-0-mm>.
4. Акт перевірки в дослідно-виробничих умовах конструкції відновлення протифільтраційного облицювання Інгулецького магістрального каналу. УК ІЗС, ІВПіМ НААН (19 листопада 2015 р.).
5. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Науково-методологічне обґрунтування типовості Інгулецького зрошуваного масиву для сухостепової зони України. *Аграрні інновації*. Херсон, 2021. № 6. С. 21–30.
6. Морозов В.В. Основи системного аналізу в гідромеліорації : навчальний посібник. Херсон : вид-во ХДУ. 2008. 64 с.
7. ДБН В. 2.4-1-99. Меліоративні системи і споруди. Київ, 2000. 199 с.
8. ДБН В.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. Київ, 2010. 52 с.

REFERENCES:

1. Kozlenko, Ye. V., Morozov, O. V., & Morozov, V. V. (2020). Inhuletska zroshuvalna systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku: monohrafiia [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development: monograph]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
2. Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period up to 2030]: skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.08.2019 r. No. 688-r. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-r#Text> [in Ukrainian].
3. Retrieved from: <https://ua.bizorg.su/membrany-gidroizolyatsionnye-r/p4595452-geomembrana-solmax-pevphdpe-tolshtinoy-1-0-mm>.
4. Akt perevirky v doslidno-vyrobnychikh umovakh konstruktсии vidnovlennia protyfiltratsiinoho oblytsiuvannia Inhuletskoho mahistralnogo kanalu [Act of inspection in research and production conditions of the design of restoration of anti-filtration lining of Ingulets maincanal]. UK IZS, IVPiM NAAN (19 lystopada 2015 r.) [in Ukrainian].
5. Morozov, O. V., Morozov, V. V., & Kozlenko, Ye. V. (2021). Naukovo-metodolohichne obgruntuvannia typovosti Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu dlia sukhostepovoi zony Ukrainy [Scientific and methodological substantiation of the typicality of the Ingulets irrigated massif for the dry Steppe zone of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 6. 21–30 [in Ukrainian].
6. Morozov, V. V. (2008). Osnovy systemnoho analizu v hidromelioratsii: navch. posib. [Fundamentals of system analysis in land reclamation: textbook]. Kherson: vyd-vo KhDU [in Ukrainian].
7. DBN V. 2.4-1-99. Melioratyvni systemy i sporudy [DBN B. 2.4-1-99. Reclamation systems and structures]. Kyiv [in Ukrainian].
8. DBN V.1-25-2009. Inzhenernyi zakhyst terytorii ta sporud vid pidtoplennia ta zatoplennia [DBN B.1-25-2009. Engineering protection of territories and buildings from flooding and inundation]. Kyiv [in Ukrainian].