

УДК 626.823.916:556.55:626.8.034.93

Н. А. Кильдишев

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

О. А. Баев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗНАЧЕНИЯ

В статье приведен обзор отечественных исследований в области противофильтрационной защиты оросительных каналов и водоемов с применением полимерных пленочных, геосинтетических и геокомпозитных материалов. Основной проблемой, существующей с 70-х гг. прошлого века в нашей стране, являются большие потери на фильтрацию при транспортировке воды в зонах орошения. В то время нашли широкое применение полимерные полиэтиленовые пленки, как наиболее надежное противофильтрационное мероприятие. В настоящее время полимерные пленки не удовлетворяют современным требованиям по надежности, безопасности и противофильтрационной эффективности, а конструкции облицовок и экранов на их основе морально устарели. Поэтому применение геосинтетических материалов является наиболее эффективным и экологически безопасным мероприятием не только для уменьшения фильтрационных потерь, но и для исключения различных загрязнений.

Ключевые слова: противофильтрационный экран, полимерные материалы, пленка, геомембрана, геотекстиль, геокомпозиты.

В связи с возрастающим дефицитом пресной воды во всех странах проблема ее хранения и транспортировки в зонах орошения Российской Федерации также становится все более актуальной. Наиболее целесообразным способом накопления пресной воды является строительство аккумулирующих накопителей, собирающих выпавшие осадки и приток из различных внешних источников в осенне-зимний период.

Второй частью проблемы является предотвращение загрязнения водных горизонтов пресной воды агрессивными сточными сельскохозяйственными и промышленными отходами. Эта проблема также является сверхактуальной для большинства стран, за исключением самых малонаселенных.

Для всех объектов подобного назначения требуется надежный противофильтрационный элемент (ПФЭ), препятствующий фильтрационным потерям.

В 70-е гг. прошлого века в СССР были разработаны и успешно внедрены конструкции противофильтрационных экранов из полимерных полиэтиленовых пленок [1], отличающиеся высокой противофильтрационной степенью защиты, простотой и достаточной надежностью. В то время трудами И. Е. Кричевского [2] и В. Д. Глебова [3] было установлено, что деформационно-прочностных свойств полиэтиленовой пленки толщиной 200 микрон вполне достаточно для подобных сооружений с напором до 20 метров. Под руководством института «ВНИИВодГео» были разработаны общесоюзные строительные нормы СН 551-82 [4], регламентирующие весь процесс проектирования и строительства пленочных экранов и являющиеся до сих пор единственным действующим нормативным документом по этой теме.

Подобные накопители систем орошения с пленочными противофильтрационными экранами были широко внедрены в системе мелиоративных НИИ СССР и успешно строились в 70–80-е гг. прошлого века. Также широко они строились для хранения

жидких агрессивных стоков (шламонакопители, хвостохранилища, «белые моря», пруды-испарители, хранилища жидких животноводческих стоков и т. д.) во всех регионах Советского Союза.

Изначально экран представлял собой полимерную пленку, которая для сохранения ее целостности защищалась сверху и снизу слоями песчаного грунта. Отдельные рулоны пленки соединялись между собой в полевых условиях сваркой ручными аппаратами. Сверху на экран отсыпался грунтовый защитный слой в 0,5–0,8 м по всей поверхности дна и откосов накопителя. В связи с тем, что защитный слой отсыпался бульдозерами, основные повреждения пленка получала при этой операции. Объяснялось это тем, что в условиях ограниченного ассортимента имеющихся в СССР полимерных пленок во всех конструкциях использовалась светостабилизированная полиэтиленовая пленка толщиной 0,2 мм, имеющая низкую стойкость к прокалыванию.

В конце 70-х гг. прошлого века после появления новых геосинтетических материалов (ГСМ) в дорожном строительстве такой материал, как геотекстиль, стал использоваться в качестве защитных прокладок для уменьшения повреждаемости ПФЭ. Насколько нам известно, первыми объектами были оросительные водоемы в совхозах «Тайцы» и «Гомнтово», где применялся геотекстиль «Дорнит». В дальнейшем все проектируемые и строящиеся экраны имели защитные слои из более совершенных видов геотекстилей, которых к тому времени появилось несколько десятков. Однако в то время в СевНИИГиМ были разработаны и испытаны на опытных участках два оригинальных вида геотекстилей, саморазлагающийся материал из отходов переработки хлопка с семенами и удобрениями для крепления откосов накопителей с пленочными экранами и агротекстиль с гидрогелем для удержания воды в корнеобитаемом слое растений в районах полупустынь (в программе по спасению Аральского моря). К сожалению, в дальнейшем эти работы не получили продолжения.

80-е гг. прошлого столетия были самыми удачными для научных исследований, проектирования и накопления опыта строительства и контроля качества объектов с пленочными экранами [5]. В это время были разработаны геофизические методы контроля качества экрана после отсыпки защитных слоев, средства малой механизации для укрупнения пленочных полотнищ в цеховых условиях, аппараты для экструзионной сварки пленки в поле, проведены приемочные испытания агрегата для расстилки и сварки пленки на объектах строительства крупных водохозяйственных объектов (по программе переброски сибирских рек). Всего до 1990 г. в СССР было построено более 150 различных объектов (каналов, водоемов чистой воды, накопителей жидких агрессивных стоков, хранилищ твердых бытовых стоков) с единичными площадями от 1 до 100 га.

После 90-х годов прошлого столетия эти конструкции были повсеместно вытеснены новыми импортными, более прочными и толстыми листовыми мембранами на основе бутилкаучука, модифицированного полиэтилена. Все подобные материалы закупались у ведущих химических фирм-производителей Европы и Северной Америки. В 2000-е гг. было закуплено порядка десятка заводов для их производства, однако часть необходимых исходных компонентов в России не производится. Стоимость этих листовых мембран в 3–10 раз выше всей ранее применяемой конструкции пленочного экрана при гораздо большей материалоемкости. Однако, поскольку дефицит пресной воды с каждым годом увеличивается, подобные противофильтрационные мероприятия становятся все более актуальными.

В настоящее время в гидротехническом строительстве для противофильтрационной защиты различных сооружений (оросительных каналов, водоемов, накопителей, грунтовых и бетонных плотин) уже нашли широкое применение такие ГСМ, как

геомембраны [6], геотекстили, геосетки и другие полимерные материалы, обладающие различными свойствами и физико-техническими характеристиками.

ГСМ следует называть группу синтетических материалов на основе полимеров, применяемых для повышения технических характеристик грунтов и элементов строительных конструкций. Такие материалы сохраняют прочность даже при больших деформациях, воспринимают значительные растягивающие напряжения, долговечны, технологичны, экологически безопасны.

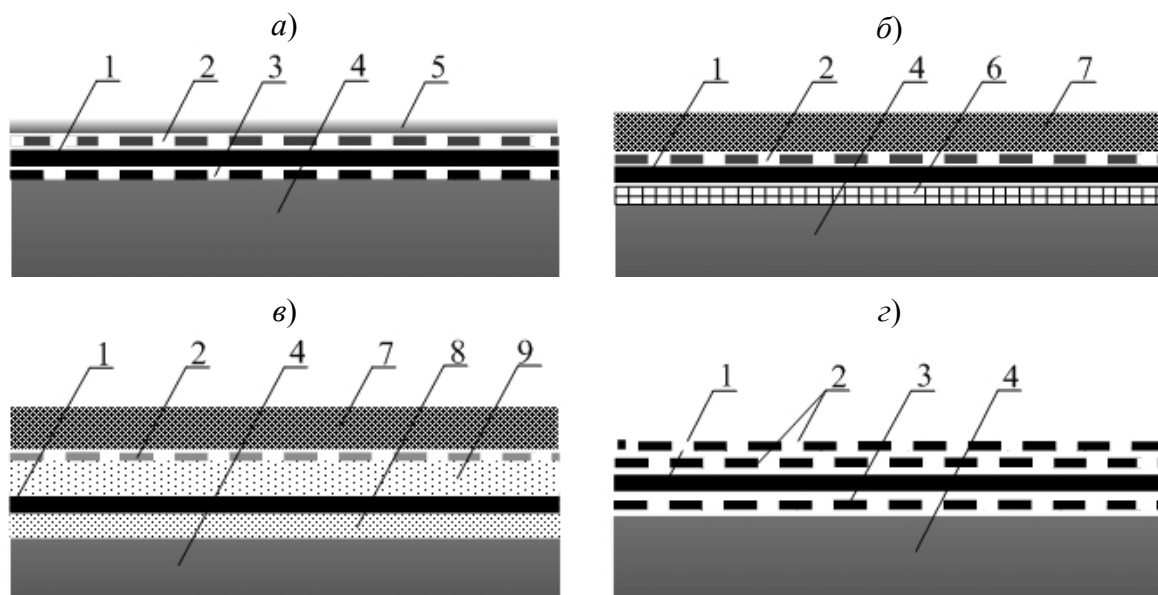
Основным показателем для ГСМ, используемых в противофильтрационных целях, является их водонепроницаемость, а используемых в дренажных целях – водопроницаемость [7].

Использовавшиеся ранее для противофильтрационных целей полимерные пленки (толщиной 0,2–0,4 мм) не удовлетворяют современным требованиям по надежности, безопасности и противофильтрационной эффективности [8], а конструкции облицовок и экранов на их основе морально устарели.

В последнее десятилетие полимерные геомембраны получили новый импульс развития и находят все большее применение в качестве противофильтрационных покрытий на оросительных каналах и накопителях отходов, но зарубежная практика использования ГСМ [9] значительно опередила российскую.

Необходимо отметить, что в последнее время в Российской Федерации возобновляются исследования физико-механических характеристик ГСМ [10], условий их применения на более современном уровне, разрабатываются высоконадежные конструкции экранов для различных видов ГТС [7]. На основании проведенных натурных, лабораторных и теоретических (в том числе компьютерных) исследований разрабатываются технические условия, требования и рекомендации по применению ГСМ [11].

Некоторые варианты высоконадежных конструкций противофильтрационных экранов для оросительных каналов, водоемов и накопителей защищены патентами на изобретения РФ (рисунок 1).



а – с полимерной геомембраной; б – с армирующим слоем; в – с глауконитовым песком; г – с двумя слоями геотекстиля поверх геомембраны

1 – полимерная геомембрана; 2 – тканый геотекстиль; 3 – нетканый геотекстиль;
 4 – грунтовое естественное основание; 5 – полимерный закрепитель поверхности;
 6 – геосетка; 7 – защитное покрытие; 8 – песчаное основание; 9 – глауконитовый песок

Рисунок 1 – Высоконадежные конструкции противофильтрационных экранов

Тип противофильтрационного покрытия следует назначать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов [12]. Технические требования к покрытиям с применением геомембран и (для сравнения) полиэтиленовой пленки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические требования к противофильтрационной конструкции с применением геомембран и полиэтиленовой пленки

Показатель	Значение показателя для ПФК	
	с геомембраной из ПЭВД и ПЭНД	с полиэтиленовой пленкой по ГОСТ 10354-82 [13]
Толщина ПФЭ, мм	Не менее 1,0	Не менее 0,2
Прочность ПФЭ при растяжении, МПа	Не менее 30,0 (33,0)	Не менее 12,0 (13,7)
Относительное удлинение ПФЭ при разрыве, %	Не менее 600 (600–900)	Не менее 400 (450)
Морозостойкость ПФЭ, °С	Не менее –70	Не менее –60
Сопrotивляемость ПФЭ продавливанию, Н	Не менее 120 (120–320)	-
Толщина защитного покрытия из бетона, см	Не менее 5,0	Не менее 5,0
Толщина защитного покрытия из грунта, см	Не менее 30,0	Не менее 50,0
Плотность защитных прокладок из геотекстиля, г/м ²	Не менее 300	-
Осредненный коэффициент фильтрации ПФЭ $k'_{обл}$, см/с	Не более $1 \cdot 10^{-8}$	Не более $0,5 \cdot 10^{-6}$ ($0,48 \cdot 10^{-6}$)
Удельные потери на фильтрацию через конструкцию с площади 1 м ² $q_{обл}$, л/(сут·м ²)	Не более 0,1–0,2	Не более 5–7
Коэффициент полезного действия каналов $\eta_{обл}$	Не менее 0,96	Не менее 0,90–0,93
Вероятность безотказной работы облицовки $P_{обл}$	Не менее 0,97	Не менее 0,90
Срок службы экрана $\tau_{обл}$, лет	Не менее 50 (80)	Не менее 25–30
Примечание – В скобках указаны требования по нормам (ГОСТ, ТУ и другим).		

При сравнении с требованиями к традиционным противофильтрационным экранам с полиэтиленовой пленкой толщиной 0,2–0,3 мм по ГОСТ 10354-82 [13] видно, что конструкции с геомембраной по многим показателям имеют более высокие требования. Это обусловлено необходимостью обеспечения их высокой надежности, противофильтрационной эффективности и долговечности.

При строительстве оросительных каналов возможны повреждения геомембраны, хотя их в 3–4 раза меньше, чем для пленочных экранов. Поэтому использование геомембран в ряде случаев не обеспечивает высокие показатели надежности и герметичности конструкций противофильтрационных экранов. С этой целью перспективно применение геокомпозитных материалов (ГКМ), практически полностью исключающих повреждение ПФЭ экрана, а следовательно, потери на фильтрацию и предотвращающих загрязнение грунтовых вод.

ГКМ – это комбинированные multifunctional материалы, изготавливаемые путем объединения двух и более ГСМ (например, геомембраны и одного-двух слоев геотекстиля, геомембраны, совмещенной с георешеткой и геотекстилем) с различными свойствами. Составляющие ГКМ могут быть как ткаными, так и неткаными геоматериалами.

ГКМ обладают достоинствами по сравнению с другими ГСМ и вместе с тем более надежны, экономичны и технологичны в укладке, их противофильтрационная эффективность на четыре порядка выше, чем пленочных, и примерно на два порядка выше, чем геомембран.

В настоящее время представлен широкий спектр ГСМ отечественного производства с различными физико-механическими характеристиками, все они изготавливаются из полимерных материалов, благодаря чему не оказывают негативного воздействия на окружающую природную среду, в частности на грунтовые воды. Применение ГСМ и ГКМ позволит повысить надежность и улучшить эксплуатационные характеристики гидротехнических сооружений, а также расширить диапазон их использования.

Вместе с тем некоторые типы противофильтрационных конструкций, используемые за рубежом, в России не находят широкого применения, так как выбор типа ПФЭ, тех или иных конструктивных элементов необходимо осуществлять, принимая во внимание техническое состояние объекта, характеристики грунтов основания, климатические и другие факторы.

В свете изложенного представляется необходимым проведение цикла исследовательских и внедренческих работ по разработанным конструкциям ПФЭ (в том числе высоконадежным) с применением только отечественных современных материалов и собственных технологий. Основными вопросами при этом будут следующие:

- разработка многослойного экрана с оптимальным видом геотекстиля, исключаяющим повреждаемость при отсыпке защитного грунтового слоя;
- доработка технологии строительства с применением контактного способа полевой сварки отдельных полотнищ полимерной геомембраны;
- подготовка технологии строительства малых водоемов – накопителей пресной воды модульного типа с экраном полной заводской готовности (без полевой сварки);
- разработка системы контроля качества сварных соединений и повреждаемости полимерных экранов в процессе строительства;
- создание новых видов геотекстилей с семенами трав для крепления откосов каналов и водоемов с полимерными экранами.

Список использованных источников

- 1 Защитные покрытия оросительных каналов / В. С. Алтунин, В. А. Бородин, В. Г. Ганчиков, Ю. М. Косиченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.
- 2 Кричевский, И. Е. Полиэтиленовые противофильтрационные экраны земляных хранилищ сточных вод / И. Е. Кричевский. – Л.: СевНИИГиМ, 1974. – 4 с.
- 3 Глебов, В. Д. Основные результаты исследований пленочных экранов во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева / В. Д. Глебов, В. П. Лысенко // Труды координационных совещаний по гидротехнике ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 1977. – Вып. 114. – С. 157–162.
- 4 Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов: СН 551-82. – М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.
- 5 Кильдишев, Н. А. Исследование повреждаемости и разработка методов повышения противофильтрационных свойств пленочных экранов гидротехнических сооружений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.07 / Кильдишев Николай Александрович. – М., 1981. – 19 с.

6 Гладштейн, О. И. Геомембраны – уже не инновации, еще не классика / О. И. Гладштейн // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. – 2012. – № 3. – С. 22–23.

7 Косиченко, Ю. М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 239 с.

8 Мелиоративные системы и сооружения: СП 81.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 3.07.03-85: введ. в действие с 01.07.86. – М., 1986. – 23 с.

9 Шлее, Ю. Современные технологии строительства полигонов для захоронения отходов с использованием геосинтетических материалов / Ю. Шлее, Х. Н. Никогосов, А. А. Ткачев // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 18–22.

10 Золотозубов, Д. Г. Исследование сопротивления геосинтетических материалов продавливанию шариком / Д. Г. Золотозубов, О. А. Золотозубова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2014. – № 4. – С. 138–146.

11 Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов / ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», СПб НИИ АКХ им. К. Д. Панфилова, ООО «Гидрокор». – СПб., 1999. – 40 с.

12 Чернов, М. А. Конструкции защитных облицовок каналов и водоемов с применением геосинтетических материалов [Электронный ресурс] / М. А. Чернов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2011. – № 3(03). – 13 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=42>.

13 ГОСТ 10354-82. Пленка полиэтиленовая. Технические условия. – Введ. 1983-06-30. – М.: Изд-во «Стандартинформ», 2007. – 53 с.

УДК 626.212

Ю. М. Косиченко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

Е. Г. Угроватова

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОНАДЕЖНЫХ ОБЛИЦОВОК ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НА ФИЛЬТРАЦИЮ ИЗ КАНАЛОВ

В статье приводится сравнительный анализ применения различных облицовок крупных каналов комплексного назначения. В качестве облицовки рассматривается в том числе современный геосинтетический материал. Целью расчета является определение потерь на фильтрацию и снижения уровня грунтовых вод при различных вариантах канала. На примере Большого Ставропольского канала и Донского магистрального канала доказана высокая эффективность применения облицовки из современных материалов для снижения фильтрационных потерь и уровня грунтовых вод в зоне канала.

Ключевые слова: канал комплексного назначения, фильтрация из канала, облицовка, геосинтетический материал.

Общие положения. Фильтрация из каналов оказывает сильное влияние на режим грунтовых вод, приводит к подъему их уровня в приканальной зоне, вызывая подтопление, заболачивание и засоление прилегающих к каналам территорий. Поэтому на этапе проектирования необходимо предусмотреть мероприятия, снижающие потери воды из канала.