

8. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Изменения физико-химических свойств почв с комплексным покровом при различных способах и дозах внесения фосфогипса // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 4(24). С. 100–117. URL: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1116-field12.pdf (дата обращения: 12.05.2021).

Информация об авторах

А. Н. Бабичев – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук;

А. А. Бабенко – младший научный сотрудник.

Information about the authors

A. N. Babichev – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences;

A. A. Babenko – Junior Research.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.04.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 30.04.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 626.823.914

К вопросу применения бетонного полотна в гидромелиоративном строительстве

Виктория Фёдоровна Талалаева

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

Аннотация. Цель исследования – анализ и сравнение физико-механических характеристик бетонного полотна и других геосинтетиков, а также изучение возможности их применения на объектах гидромелиоративного назначения (каналах, водоемах и других водотоках). В статье приведены характеристики и сопоставление физико-механических характеристик бетонного полотна и других противofильтрационных материалов, рассмотрена эффективность их применения. В настоящее время известно значительное количество противofильтрационных мероприятий с использованием различных строительных материалов. Однако не все из них достаточно эффективны, долговечны и имеют определенные недостатки. Применение бетононаполняемых покрытий (в т. ч. с использованием бетонного полотна) является высокоэффективной альтернативой существующим материалам. Помимо своих прочностных характеристик, бетонное полотно обладает долговечностью, водонепроницаемостью, экологичностью, устойчивостью к воздействию различных сред, простотой в укладке, применимо на крутых откосах, а также для ремонта и восстановления разрушенных конструкций. Несмотря на все преимущества, материал обладает высокой стоимостью, что затрудняет его широкое использование.

Ключевые слова: бетонное полотно, противofильтрационные мероприятия, облицовка, защитное покрытие, оросительный канал

On the issue of using concrete canvas in irrigation and drainage construction

Victoria F. Talalaeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The purpose of the study is to analyze and compare the physical and mechanical characteristics of a concrete canvas and other geosynthetics, as well as to study the possibility of their using at irrigation and drainage facilities (canals, reservoirs and other watercourses). The characteristics and comparison of physical and mechanical characteristics of the concrete canvas and other impervious materials are presented, the efficiency of their application is considered. Currently, a significant number of impervious measures with various construction materials are known. However, not all of them are efficient enough, durable and have certain disadvantages. The use of concrete-filled coatings (including those with the use of concrete canvas) is a highly efficient alternative to existing materials. In addition to its strength characteristics, the concrete canvas has durability, water permeability, environmental safety, sustainability to the effects of various environments, ease of installation, applicable on steep slopes, as well as for repair and restoration of destroyed structures. Despite all the advantages, the material has a high cost, which complicates its widespread use.

Keywords: concrete canvas, impervious measures, lining, protective coating, irrigation canal

Введение. Проблема создания противofильтрационных покрытий на каналах и водоемах гидромелиоративного назначения на сегодняшний день весьма актуальна. Большинство оросительных каналов построено более 50 лет назад, многие выполнены в земляном русле, без устройства противofильтрационных покрытий. В результате эксплуатации таких сооружений происходит фильтрация воды через ложе канала, способствующая значительным потерям воды всей гидромелиоративной сети, а также оказывающая неблагоприятное влияние на окружающую территорию, вызывая подъем уровня грунтовых вод.

Вопросами устройства геосинтетических противofильтрационных покрытий занимались многие известные ученые: Ю. М. Косиченко, С. В. Сольский, А. В. Ищенко, О. А. Баев, Ф. К. Абдразаков, К. Д. Козлов, Н. В. Ханов, А. А. Рукавишников и др.

Для предотвращения фильтрационных потерь из каналов применяются различные мероприятия, создаются конструктивные и компоновочные решения защитных покрытий и облицовок, детально рассмотренные в работах Ю. М. Косиченко, Ф. К. Абдразакова, М. А. Бандурина, В. Н. Шкуры, О. А. Баева, К. Д. Козлова и др. [1–8].

В зависимости от своей конструкции противofильтрационные облицовки каналов служат не только для борьбы с фильтрацией, но и для защиты ложа канала от размывов откосов и берм, снижения шероховатости. Несмотря на разнообразие противofильтрационных конструкций, остается открытым вопрос применения новых, эффективных строительных материалов и технологий создания покрытий повышенной надежности [9].

Сравнение физико-механических характеристик различных противofильтрационных материалов позволит определить возможность их применения на гидромелиоративных сооружениях.

Материалы и методы. Технологическое решение с использованием бетонного полотна является высокоэффективной альтернативой используемым в настоящее время противofильтрационным мероприятиям. Материал применяется для облицовок оросительных каналов, защиты берегов водоемов от размывов, укрепления откосов, предотвращения эрозии на прилегающих почвах. Покрытие из бетонного полотна также применимо для восстановления поврежденных или разрушенных конструкций бетонных поверхностей. Когда единственной альтернативой является капитальный ремонт или снос, данное решение является наиболее выгодным и простым.

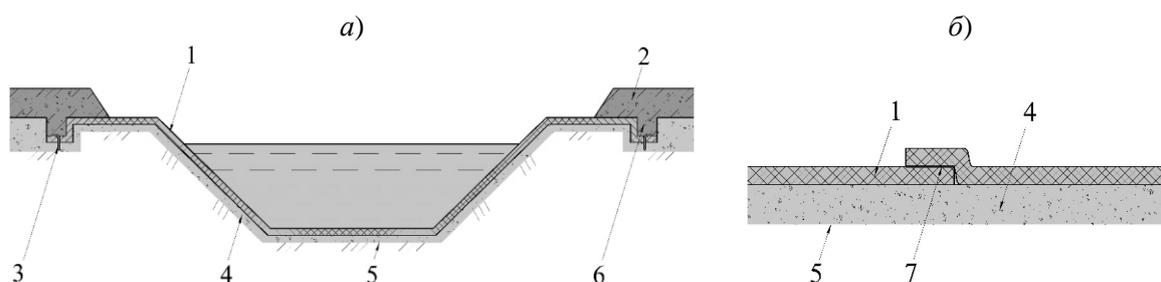
Бетонное полотно представляет собой сухую смесь цементно-песчаного состава и армирующих волокон, расположенных между двумя полотнами (несущим и покрывающим) геотекстиля. Верхнее полотно имеет гидрофильную поверхность, что обеспечивает пропуск воды в цементную смесь и способствует ее затвердеванию, нижнее полотно выполнено из водонепроницаемого материала. Полотно выпускается гибким в виде рулонов, полностью готовым к применению [10].

После смачивания водой бетонное полотно затвердевает за 5–6 ч, материал превращается в армированное волокнами покрытие, не поддающееся растрескиванию. За сутки набирает до 80 % проектной прочности. Срок службы облицовки из бетонного полотна составляет более 50 лет. Основные физико-механические параметры бетонного полотна (Concrete Canvas) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные физико-механические свойства бетонного полотна [11]

Параметр	Единица измерения	Марка		
		СС5	СС8	СС13
Масса до смачивания водой	кг	7	12	19
Толщина	мм	5	8	13
Плотность затвердевшего материала	кг/м ³	1700–2025		
Набор прочности (через 24 ч после увлажнения)	%	80		
Сопротивление истиранию	г/см ²	Максимальное 0,1		
Прочность на сжатие	МПа	27,4	30,4	25,6
Прочность на изгиб	МПа	5,0	4,5	4,5
Водонепроницаемость	24 ч	Непроницаемый		
Морозостойкость	марка	F200	F300	F300

Крепление материала на откосах каналов осуществляется заложением краев полотен в анкерную траншею (рисунок 1а). Полотна укладываются внахлест и для обеспечения большей водонепроницаемости крепятся между собой с помощью слоя герметика (рисунок 1б), соединяются саморезами или термической сваркой.



а – профиль канала; *б* – узел крепления отдельных полотен внахлест;
1 – бетонное полотно; 2 – обратная засыпка; 3 – анкер; 4 – подготовленное основание; 5 – естественное основание; 6 – анкерная траншея; 7 – слой герметика

Рисунок 1 – Конструкция облицовки из бетонного полотна

Результаты и обсуждения. На сегодняшний день существует большое количество противодиффузионных мероприятий и используемых в них строительных материалов. Однако не все из них достаточно эффективны и имеют свои недостатки. Ниже рассмотрим некоторые материалы и приведем сравнительную характеристику их физико-механических параметров (таблица 2).

Так, например, при устройстве покрытий из геомембран, широко применяемых в противодиффузионных целях, необходима тщательная расчистка основания от корней и растений, камней, прочего мелкого мусора, которые могут нарушить их целост-

ность. Низкая прочность геомембран существенно ограничивает возможности их применения. Помимо этого, при устройстве таких покрытий возникают дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью регулярного осмотра и, возможно, восстановления защитного слоя и самой гидроизоляции [5, 8].

Таблица 2 – Сравнительная характеристика физико-механических параметров противofильтрационных материалов [10, 11]

Показатель	Материал			
	Бетонное полотно	Геомембрана	Бетонная облицовка	Бентонитовый мат
Масса (до гидратации)	7–20 кг/м ²	0,7–3 кг/м ²	1800–2500 кг/м ³	4–7 кг/м ²
Плотность (до гидратации)	1500 кг/м ²	910–975 кг/м ²	2200–2500 кг/м ³	3600–4300 кг/м ²
Толщина, мм	5–14	1–2	100–200	4–7
Прочность на разрыв, МПа	до 25	до 25	до 25	до 25
Коэффициент фильтрации, см/с	$> 6 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-10}$	$6 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-11} - 1,5 \cdot 10^{-11}$
Укладка на откосах	1:1–1:3 и более	1:3	1:1–1:2,5	не менее 1:3
Химическая устойчивость, рН	4–12,5	0,5–14	4–6,5	4–11
Срок эксплуатации, лет	> 50	> 50	< 30	> 50

Другой противofильтрационный материал – бентонитовые маты, они устанавливаются непосредственно на уплотненную поверхность, имеют возможность самозалечиваться, благодаря полипропиленовому каркасу выдерживают высокое гидростатическое давление. Несмотря на относительную простоту монтажа бентонитовых матов, даже незначительное нарушение технологии работ может привести практически к полной неработоспособности изоляционного слоя. Особенно важно не допустить преждевременной гидратации бентонита в непригруженном состоянии. Также к их недостаткам можно отнести их более значительную толщину по сравнению с другими гидроизоляционными материалами и высокую стоимость за 1 м² с учетом обязательного пригрузочного слоя из каменного материала или бетона.

Одним из распространенных способов укрепления берегов и откосов каналов являются габионы. Они обладают более высокой экономической эффективностью по сравнению с бетонными конструкциями, а также отличаются простотой монтажа. Существенным недостатком габионов является сложность конструкции, а также невозможность применения их на подвижных грунтах. Монтаж габионов достаточно долгосрочный, и для работы с ними необходимо оборудование стройплощадки. В масштабных и сложных проектах по берегоукреплению или укреплению откосов приведенные недостатки могут стать критическими.

Бетонные и железобетонные облицовки обладают прочностью и долговечностью, но, несмотря на это, такие конструкции подвержены разрушениям, связанным с изменением температуры (растрескивание, оголение арматуры, нарушение целостности деформационных швов и др.), а также требуют регулярного осмотра и ремонта. Помимо этого, сложность производства работ, связанная с использованием крупногабаритной техники и привлечением специализированных рабочих, является существенным технологическим и экономическим недостатком. Срок службы таких защитных и противofильтрационных устройств порядка 15–20 лет [6].

В отличие от рассмотренных противофильтрационных материалов, бетонное полотно обладает рядом преимуществ:

- скорость производства работ;
- удобство и простота монтажа;
- экологичность материала;
- длительный срок эксплуатации;
- повышенная прочность;
- устойчивость к проколам;
- водонепроницаемость;
- защита от прорастания растений;
- возможность укладки при любых погодных условиях;
- стойкость к воздействию агрессивных сред.

Помимо этого, бетонное полотно может применяться на сложных объектах, крутых склонах, без устройства дополнительного крепления (в отличие от бентонитовых матов, требующих дополнительного крепления к основанию). Для укладки полотна не требуется дополнительных строительных материалов и квалифицированной рабочей силы. Перед монтажом необходим минимальный объем подготовительных работ [7].

В таблице 3 приведено сравнение показателей эффективности применения различных материалов.

Таблица 3 – Сравнительные показатели эффективности противофильтрационных материалов [11]

Техническое решение	Показатель				
	Скорость укладки	Необходимость в спецтехнике и дополнительном оборудовании	Срок эксплуатации	Сезонность производства работ	Удобство транспортировки
Бетонное полотно	Высокая	Низкая	Высокий	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Высокое
Монолитный бетон	Низкая	Высокая	Средний	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Низкое
Торкетирование	Низкая	Высокая	Средний	Температура воздуха $> 0^{\circ}\text{C}$	Среднее
Железобетонные плиты	Средняя	Средняя	Средний	Круглогодично	Низкое
Габионы матрацно-тюфячные	Низкая	Средняя	Высокий	Круглогодично	Низкое

Анализ физико-механических характеристик показал, что использование бентонитовых матов по ряду критериев выгоднее, чем применение геомембран. При укладке геомембран и бентонитовых матов на крутых откосах производить анкерное крепление к грунту основания невозможно из-за нарушения водонепроницаемости защитного покрытия. Бетонные облицовки уступают бетонному полотну в сложности технологии монтажа, необходимости в специализированных рабочих и крупногабаритной технике. Несмотря на это, стоимость бетонного полотна достаточно высока, что препятствует его широкому использованию в гидромелиоративном строительстве.

Выводы

1 Применение бетононаполняемых материалов (в т. ч. бетонного полотна) является новым направлением в гидромелиоративном строительстве, покрытия обладают высокими прочностными и фильтрационными характеристиками. Материал применим

на сложных объектах и крутых откосах, без использования дополнительного крепления, в отличие от других рулонных противофильтрационных материалов.

2 Благодаря тому, что бетонное полотно отличается скоростью укладки и монтажа, а также отсутствием необходимости использования дополнительного оборудования, крупногабаритной техники и специализированных рабочих, снижается общая проектная стоимость.

3 В случае, когда существующие конструкции требуют капитального ремонта или сноса, бетонное полотно применимо для их восстановления. Такое решение является экономически выгодным, не требует значительных объемов производства работ и крупногабаритной техники. Перспектива дальнейших исследований заключается в разработке и испытании в натуральных условиях новых способов и технологий ремонта локальных разрушений бетонных поверхностей.

4 Несмотря на ряд преимуществ бетонного полотна перед традиционными противофильтрационными строительными материалами, его широкое применение в гидромелиоративном строительстве ограничивается достаточно высокой стоимостью 1 м² полотна. При этом такой материал пока производится в основном за рубежом.

Список источников

1. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависимостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.

2. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35–38.

3. Бандурин М. А., Юрченко И. Ф. Обоснование эколого-экономической эффективности применения противофильтрационных геотекстильных покрытий водопроводящих сооружений оросительных систем // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2018. № 3. С. 95–103.

4. Конструктивные схемы и методики гидравлического расчета элементов рыбо-водных комплексов на базе оросительно-обводнительных каналов / В. Н. Шкура, О. А. Баев, А. Ю. Гарбуз, Ю. М. Косиченко. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2018. 43 с.

5. Баев О. А. Моделирование процесса водопроницаемости противофильтрационных экранов из геомембран // Инженерный вестник Дона. 2015. Т. 34, № 1(2). С. 6–12.

6. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3. С. 30–43.

7. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала оросительных каналов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4. С. 327–339.

8. Козлов К. Д., Гурьев А. П., Ханов Н. В. Гидравлические исследования покрытия из геокомпозитного материала // Природообустройство. 2014. № 5. С. 80–86.

9. Сильченко В. Ф. Применение быстровозводимого бетонного покрытия для укрепления откосов каналов // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 1. С. 36–44. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=100> (дата обращения: 01.06.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-1-36-44.

10. Рекомендации по монтажу бетонного полотна «ТЕХПОЛИМЕР» (СТО 56910145-025-2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://texpolimer.by/wp-content/uploads/2019/02/rekomend-beton-polотно.pdf> (дата обращения: 01.06.2021).

11. Ремонт и строительство оросительных и магистральных каналов с приме-

нием бетонного полотна Concrete Canvas [Электронный ресурс]. URL: <https://ucsr.su/news/articles/358/> (дата обращения: 01.06.2021).

Информация об авторе

В. Ф. Талалаева – младший научный сотрудник.

Information about the author

V. F. Talalaeva – Junior Researcher.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.05.2021; одобрена после рецензирования 21.05.2021; принята к публикации 28.05.2021.

The article was submitted 12.05.2021; approved after reviewing 21.05.2021; accepted for publication 28.05.2021.

УДК 626.82.004:631.67

Водопользование Республики Крым в условиях дефицита водных ресурсов

Таисия Сергеевна Пономаренко, Анна Викторовна Бреева

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

Аннотация. В статье приведен анализ и динамика приходных и расходных составляющих водного баланса за последние 5 лет, в т. ч. объемов на орошение. Для обеспечения устойчивого функционирования экономики, производства и жизнедеятельности населения региону дополнительно необходимо от 379 до 465 млн м³ пресной воды. Установлено, что величина допустимых лимитов забора из поверхностных водных объектов изменяется в зависимости от водообеспеченности года и эти изменения могут быть весьма значительными. Максимальное значение 162 млн м³ зафиксировано в 2016 г., а в следующем году объем допустимого изъятия уменьшился в 2,3 раза до 69 млн м³. При этом на фактический забор воды из поверхностных водных объектов эти показатели не влияют, его величина варьируется в пределах 140–155 млн м³, превышая допустимые лимиты. Выявлено, что происходит постепенное увеличение доли изъятия подземных вод, при этом допустимые лимиты не превышаются. Так, с 2016 г. объем фактического изъятия вырос на 45 % с 98 до 142 млн м³.

Ключевые слова: дефицит, водные ресурсы, поверхностные источники, подземные водоисточники, водопользование

Water use of the Republic of Crimea under water scarcity conditions

Taisiya S. Ponomarenko, Anna V. Breeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

Abstract. The analysis and dynamics of the input and output components of the water balance over the past 5 years, including the volumes for irrigation are provided. To ensure the sustainable functioning of the economy, production and livelihood of the population, the region additionally needs from 379 to 465 million m³ of fresh water. It has been determined that