

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИННОВАЦИОННОГО ГЕОКОМПЗИТА КАПЛАМ ДЛЯ БЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Ф.К. АБДРАЗАКОВ, Э.Э. САФИН, А.А. РУКАВИШНИКОВ

**Ключевые слова:** геокомпозит КАПЛАМ, бетонная облицовка, орошение, гидроизоляция, жизненный цикл, кпд каналов, фильтрационные потери.

**Keywords:** KAPLAM geocomposite, concrete cladding, irrigation, waterproofing, life cycle, efficiency of channels, filtration losses.

**Аннотация.** В статье рассматривается сравнительный анализ инновационной гидроизоляционной облицовки оросительных каналов на основе геокомпозита КАПЛАМ и традиционной бетонной облицовки. Актуальность исследования обусловлена большими потерями на фильтрацию в оросительных каналах. Приведен сравнительный анализ инженерной эффективности и экономической целесообразности обеих технологий. Проведены лабораторные исследования и расчетные оценки материалов. Выявлено, что КАПЛАМ представляет собой рулонный материал на основе полиэтилена с ламинирующим слоем, полностью водонепроницаем, прочен и гибок при отрицательных температурах.

Полученные результаты демонстрируют высокую эффективность КАПЛАМ: благодаря использованию геокомпозита полностью исключаются фильтрационные потери и повышается коэффициент полезного действия каналов, а также обеспечивается экономия ресурсов и снижаются затраты жизненного цикла по сравнению с бетонной облицовкой.

**Abstract.** The article considers a comparative analysis of innovative waterproofing lining of irrigation channels based on the KAPLAM geocomposite and traditional concrete lining. The relevance of the study is due to large losses in irrigation channels. A comparative analysis of the engineering efficiency and economic feasibility of both technologies is presented. Laboratory studies and calculated estimates of channels with various types of lining have been carried out. It is revealed that KAPLAM is a rolled material based on polyethylene with a laminating layer, completely waterproof, durable and flexible at subzero temperatures.

The results obtained demonstrate the high efficiency of KAPLAM: thanks to the use of geocomposite, filtration losses are completely eliminated and the efficiency of the channels is increased, as well as resource savings and reduced life cycle costs compared to concrete cladding.

**Введение.** Современные оросительные каналы испытывают значительные потери воды из-за фильтрации через дно и откосы каналов. В целом по России потери воды из каналов достигают до 60 % от подачи на орошение, при этом до 80...90 % этих потерь происходит именно вследствие фильтрации из оросительных каналов [1]. Повышение эффективности оросительных каналов тесно связано с внедрением противофильтрационных облицовок и инновационных материалов для снижения этих потерь. Однако даже при использовании различных традиционных материалов коэффициент полезного действия каналов остается относительно низким. Согласно исследованиям РосНИИПиМ, применение геосинтетических материалов в облицовке каналов практически полностью исключает фильтрационные потери и повышает кпд оросительной сети до 0,97...0,98. Геосинтетики характеризуются качеством, высокой прочностью при растяжении, долговечностью и технологичностью, что делает их эффективными в гидротехническом строительстве [2].

Новый гидроизоляционный геокомпозит КАПЛАМ (производитель – TERATEX) представляет собой многослойный материал на основе полиэтиленовой пленки с армирующим полотном, разработанный для гидроизоляции сооружений, в том числе каналов. В сравнении с обычными геомембранами

КАПЛАМ легче и прочнее, остается гибким при отрицательных температурах, допускает изготовление полотна шириной до 40 м, обеспечивает высокую скорость сварки и облегчает логистику благодаря малому весу. По техническим характеристикам геокомпозит КАПЛАМ имеет прочность на разрыв от 25 до 75 кН/м в зависимости от марки и демонстрирует 100 % водонепроницаемость по результатам испытаний [3].

Наряду с этим бетонная облицовка каналов, традиционно используемая уже длительное время, обладает сложностью монтажа, большими трудозатратами и необходимостью ремонта швов.

Важным компонентом оценки пригодности материала для использования в качестве облицовок является комплексный подход, объединяющий лабораторные испытания (механические характеристики, стойкость к проколу и растяжению, водонепроницаемость), полевые испытания (поведение швов, устойчивость к гидродинамическим нагрузкам, наблюдение за возникновением дефектов) и технико-экономическое обоснование, включающее оценку (анализ) жизненного цикла затрат. Современные публикации по проектированию и эксплуатации каналов подчеркивают необходимость проектного обеспечения монтажа и последующего мониторинга, а также проведения сценарного анализа затрат с учетом частоты ремонтов и риска механических повреждений – это особенно важно при сравнении гибких композитов и бетонных облицовок [4].

Цель исследований – провести сравнение применения инновационного геокомпозита КАПЛАМ с бетонной облицовкой оросительных каналов, объединяющую: технические требования к подготовке основания и транспортировке, укладки материала, а также технико-экономическое обоснование на базе оценки (анализа) жизненного цикла затрат. В статье представлены сравнительные расчеты приведенных затрат по альтернативным вариантам ремонта по сравнению с традиционными.

**Материалы и методы.** В рамках исследования рассмотрены два варианта облицовки типового оросительного канала: бетонная облицовка (сборные железобетонные плиты) и армированный гидроизоляционный геокомпозит КАПЛАМ. Для геокомпозита использовались характеристики из технических спецификаций производителя (ПЭ-пленка с армирующим тканым полотном, водонепроницаемость 100 %, устойчивость к УФ и агрессивным средам не менее 85...90 %). При монтаже геокомпозита предполагалось устройство подготовительной песчаной/гравийной подушки с толщиной около 0,2...0,3 м (фракция до 30 мм) и последующая укладка композита с запайкой швов (в соответствии с нормативом СТО 24834307.011–2021) [3].

Ранее проведены исследования, где в лабораторной части сформирован участок канала, оснащенный

бетонной облицовкой. Проведен экспериментальный замер фильтрационных потерь через образец облицовочного материала. В лабораторном эксперименте на верхнюю поверхность бетонной плиты устанавливали вертикальный цилиндр диаметром 15 см) и регистрировали снижение уровня воды через заданные интервалы времени [5].

Эмпирические данные показывают существенные потери: снижение уровня воды составило: 0,3 см через 1 ч; 2 см через 12 ч; 4,1 см через 24 ч; 6,5 см через 48 ч; 12,5 см через 96 ч.

Из эксперимента следует, что при отсутствии специально устроенного противоточного слоя рассматриваемая бетонная облицовка обеспечивает ограниченную герметичность: за 96 ч наблюдается заметное снижение удерживаемого объема воды, что обоснованно требует применения дополнительных гидроизолирующих мер при проектировании и эксплуатации [5].

Экономическая часть исследования оформлена в виде сравнительной оценки затрат жизненного цикла. Состав затрат включал капитальные (материал, монтаж) и текущие (ремонт, обслуживание). Для каждого варианта оценивались сроки службы и необходимость ремонтных работ (например, замена плит, устранение трещин) и влияния этих факторов на суммарную стоимость системы в течение заданного временного горизонта (30...50 лет). Также учитывалось влияние использования легких рулонных материалов КАПЛАМ на сокращение трудозатрат и логистики при монтаже.

**Эффективность инновационного геокомпозита КАПЛАМ.** В результате лабораторных испытаний установлено, что образец геокомпозита КАПЛАМ не пропускает практически никакой воды через себя, тогда как бетонная облицовка демонстрирует заметные фильтрационные потери. Подобные результаты согласуются с данными литературных источников. Например, для так называемого бетонного полотна (цементированного геотекстиля) зафиксировано в 4 раза меньшие фильтрационные потери по сравнению с обычной бетонной облицовкой [6]. Хотя КАПЛАМ технически отличается от цементного геотекстиля (состоит из полиэтиленовых слоев), его водонепроницаемость

100 % по результатам испытаний обеспечивает аналогично низкие потери. Таким образом, можно ожидать, что канал с облицовкой КАПЛАМ будет иметь существенно меньшие потери на фильтрацию воды, чем при бетонной облицовке.

Снижение фильтрационных потерь прямо отражается на гидравлическом КПД каналов. Как показано в исследованиях, полностью герметичные облицовки позволяют довести КПД системы до 0,97...0,98. В нашем случае теоретический расчет повышения КПД с учетом нулевой проницаемости геокомпозита показывает рост эффективной подачи воды и улучшение режимов орошения. Напротив, для бетонной облицовки характерны дефекты (трещины, неплотности в швах), особенно при длительной эксплуатации и температурных перепадах, что приводит к ежегодным потерям. Кроме того, гладкий геокомпозит обеспечивает равномерное течение и минимальное сопротивление потоку [7].

Конструктивно КАПЛАМ сочетает гидроизоляцию и армирование, что увеличивает устойчивость покрытия к механическим нагрузкам (оседание грунта, подвижки) и предотвращает разрывы. Геосинтетические материалы в целом, обладают значительной растяжимостью и сохраняют прочность при высоких деформациях. В совокупности это обеспечивает высокую надежность облицовки и долгосрочное сохранение гидроизоляционных свойств [8].

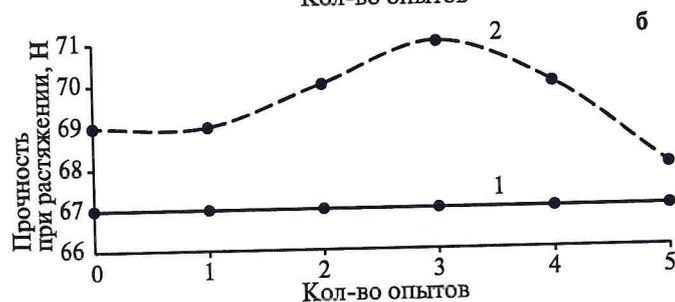
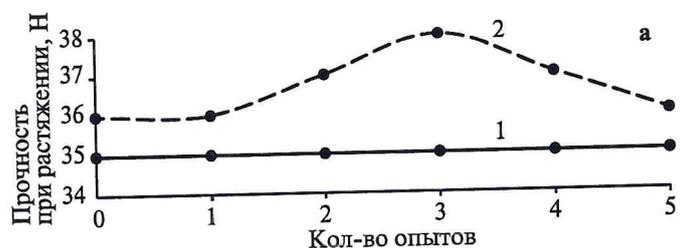
Авторами подготовлены экспериментальные образцы композитного материала КАПЛАМ 500 (толщина 0,5 мм), проведены лабораторные исследования из пяти повторений эксперимента. Далее испытан композитный материал КАПЛАМ 1000, который, как и предполагалось, выдержал более высокую нагрузку, так как предел прочности выше из-за его толщины. Результаты испытаний представлены в табл. 1 и на рисунке.

По результатам испытаний получены данные доказывающие, что композитные материалы КАПЛАМ 500 и 1000 обладают прочностью при растяжении, заявленной производителем.

Таблица 1

Испытания на прочность при растяжении материала КАПЛАМ (ГОСТ Р 56785–2015)

№ попытки	Предел прочности, кН/м	Визуальный результат
<b>КАПЛАМ 500</b>		
1	36	Отрыв
2	37	
3	38	
4	37	
5	36	
<b>КАПЛАМ 1000</b>		
1	69	Отрыв
2	70	
3	71	
4	70	
5	68	



Зависимость прочности растяжения при заводских (1) и лабораторных (2) исследованиях материала: а – КАПЛАМ 500; б – КАПЛАМ 1000

Показатель деформативности (пластичности), %:

$$\epsilon = \Delta L / L_0,$$

где  $\epsilon$  – относительное удлинение;  $\Delta L$  – приращение длины;  $L_0$  – исходная длина, мм.

Этот показатель для КАПЛАМ 500 составляет 10...20%, а для Каплам 1000 – 1...4,5%, характеризует «поведение материала до разрыва» и позволяет выяснить, насколько пластичен материал. Показатель деформативности важен, ведь облицовка должна обладать большой пластичностью для того, чтобы избежать изменений форм под воздействием сил и изменений температуры воздуха.

Также авторами проведены лабораторные исследования на продавливание композитных материалов. Представлено подробное описание наблюдений по процедуре определения сопротивления статическому продавливанию образцов геокомпозитов КАПЛАМ. Для этого подготовлены экспериментальные образцы композитного материала Каплам 500 толщиной 0,5 мм и Каплам 1000 толщиной 1 мм.

Испытание организовано в соответствии с методическими указаниями ГОСТ 2678–94 по определению сопротивления статическому продавливанию (испытание шариком). При данном испытании образец размещается на уплотненной песчаной подсыпке в ограничивающей рамке, после чего на образец воздействует шарик, или шток установки, контролирующей нагрузку. Регистрируются параметры до достижения критерия разрушения или до достижения заданного смещения [9].

Для проведения испытаний должны быть соблюдены следующие условия: равномерная укладка песчаной подсыпки в рамке, отсутствие заметных пустот и сравнительно однородный рельеф песка вокруг области контакта. Также должна присутствовать миллиметровая шкала, что позволит визуально определить глубину воздействия. Место продавливания должно быть расположено вблизи центра образца, а также визуально определима локальная вдавленность и вытеснение песка в радиальном направлении от точки контакта, что характерно для режима статического продавливания.

В оценочной табл. 2 приведены значения, полученные из исследований по ГОСТ 2678–94.

Таким образом, получены результаты испытаний, доказывающие, что композитные материалы КАПЛАМ 500 и 1000 обладают прочностью при статическом продавливании производителем. Данные подтверждают теорию о том, что использование перспективных композитных материалов является необходимостью в сегодняшнее время, ведь по сравнению с традиционными материалами композиты имеют ряд важных преимуществ.

Таким образом, инженерно-гидротехническая эф-

фективность геокомпозита КАПЛАМ превышает аналогичный показатель бетонной облицовки: практически исключаются фильтрация и утечки, повышается равномерность подачи и эксплуатационная долговечность канала.

**Оценка жизненного цикла затрат.** При сравнении затрат жизненного цикла важно учитывать как начальные инвестиции, так и расходы на эксплуатацию и ремонт. Материалы для бетонной облицовки традиционно имеют сравнительно высокую стоимость и требуют сложной подготовки площадки и большого количества трудоемких операций. Геокомпозит КАПЛАМ отличается малым весом и крупноформатными рулонами, что снижает логистику и укладочные трудозатраты. Благодаря легкости материала и возможности сваривать широкие полотна до 40 м, суммарные затраты на монтаж могут быть существенно ниже.

Также стоит отметить, что бетонные покрытия требуют устройства деформационных (усадочных) швов и периодических ремонтов (заполнение трещин, заливка швов полимером и т. д.), что увеличивает эксплуатационные затраты [10]. В случае с цельным сварным геокомпозитом необходимость таких мероприятий полностью отпадает. Из-за этого суммарные эксплуатационные затраты на поддержание герметичности канала при использовании КАПЛАМ будут меньше, чем при бетоне.

В табл. 3 представлены расчеты технико-экономического сравнения двух технологий облицовки оросительного канала на участке длиной 1 км (площадь облицовки 8500 м<sup>2</sup>): геокомпозит «КАПЛАМ» (марки 500 и 1000) и традиционной бетонной облицовки.

Расчет включает статьи затрат: материалы (мембрана/геотекстиль/анкеры); монтаж (укладка, сварка швов, подготовительные работы); доставка/логистика; эксплуатационные затраты за 30 лет.

Входные параметры для расчета: цена Каплам 500 – 300 р./м<sup>2</sup>; цена Каплам 1000 – 450 р./м<sup>2</sup>; геотекстиль – 510 000 р.; количество необходимых анкеров – 12 000 шт.; цена анкера – 40 р./шт.; монтаж (укладка + сварка) – 110 р./м<sup>2</sup>.

Таблица 2

Испытания для определения сопротивления статическому продавливанию композитных материалов

Материал	Параметры испытания	$F_{max}$ , Н	Смещение при $F_{max}$ , мм	Комментарий (поведение)
КАПЛАМ 500	Скорость ~10 мм/мин, песчаная подсыпка, рамка	550	3...6	Локальная вдавленность, возможно частичное расслоение, без крупного разрыва
КАПЛАМ 1000	Скорость ~10 мм/мин, та же конфигурация	945	5...10	Значительно большая стойкость

Таблица 3

Итоговое сравнение технологий облицовки

Вариант	Материалы, р.	Монтаж, р.	Доставка, р.	Эксплуатационные затраты за 30 лет	Итого, р.	Р./м <sup>2</sup>
КАПЛАМ 500	3 540 000	935 000	2000	4 200 000	8 677 000	1020,9
КАПЛАМ 1000	4 815 000	935 000	2000	4200 000	9 952 000	1171
Бетон	68 000 000	20 400 000	388 000	16 600 000	107 090 000	12 599

По расчетам применение геокомпозита КАПЛАМ обеспечивает существенно более низкую полную стоимость жизненного цикла на участке 1 км по сравнению с традиционной бетонной облицовкой. Оценочная стоимость составляет  $\approx 8,67$  млн р. для КАПЛАМ-500 и  $\approx 9,95$  млн р. для КАПЛАМ-1000 против  $\approx 107,09$  млн р. для бетонной облицовки [11]. Основные факторы экономики – более низкая удельная стоимость материала, меньшая логистика и упрощенная технология укладки.

Подводя итоги экономической части, можно заключить: несмотря на стоимость самого геосинтетического материала, общая стоимость системы КАПЛАМ + монтаж, оказывается ниже аналогичной бетонной облицовки. Это достигается за счет снижения трудозатрат, быстрой укладки без сложной подготовки и долгого срока службы без капитального ремонта.

**Выводы.** Выполненный сравнительный анализ показал, что канал облицованный инновационным материалом КАПЛАМ, существенно эффективнее традиционной бетонной облицовки. КАПЛАМ обладает полностью герметичными свойствами (водонепроницаемость 100 %) и высокой прочностью, благодаря чему практически исключает фильтрацию и потери воды в канале. Это позволяет значительно повысить КПД оросительной системы (практически до 0,97...0,98), в то время как бетонная облицовка со временем утрачивает герметичность из-за растрескивания и швов.

Кроме того, эксплуатация КАПЛАМ требует меньших затрат на монтаж и обслуживание. Легкий рулонный материал прост в транспортировке и быстро монтируется. Исследования показывают, что альтернатива бетону на основе современных геосинтетиков позволяет снизить материальные и трудовые затраты по сравнению с классической облицовкой. При оценке жизненного цикла КАПЛАМ дает экономию за счет минимизации потерь воды и уменьшения затрат на поддержание герметичности.

Отсюда следует, что применение инновационного геокомпозита КАПЛАМ в облицовке оросительных каналов является более эффективным как с инженерной, так и с экономической точек зрения по сравнению с бетонной облицовкой. Ведь применение геокомпозита КАПЛАМ (марки 500 и 1000) в роли облицовки оросительного канала на участке 1 км по сравнению с традиционной бетонной облицовкой дает экономию более чем в 10 раз. Новый материал обеспечивает ресурсосбережение и достижение высоких эксплуатационных показателей каналов. Полученные результаты подтверждают целесообразность внедрения геокомпозита КАПЛАМ в мелиоративных системах для снижения потерь воды и повышения эффективности оросительных сетей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бандурин М.А., Юрченко И.Ф. Обоснование эколого-экономической эффективности применения противифльтрационных геотекстильных покрытий водопроводящих сооружений оросительных систем // Вестник ЮРГТУ (НПИ). Сер. «Соц.-экон. науки». 2018. № 3. С. 95–103.
2. Кокарев Я.В., Косиченко Ю.М., Кореновский А.М. Способы строительства противифльтрационных облицовок на каналах оросительных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сборник научных трудов. 2015. Вып. 54. С. 27. URL:

<https://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/rosniipm54.pdf> (дата обращения: 22.11.2025).

3. Геокомпозит гидроизоляционный КАПЛАМ // Официальный сайт компании TERATEX (RU). URL: <https://teratexgeo.ru/produkcziya/geo-kompozit-gidroizolyacziionnyj-kaplam/> (дата обращения: 16.11.2025).
4. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А., Сафин Э.Э. Методы диагностики облицованных оросительных каналов // Природообустройство. 2024. № 5. С. 21–27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-21-27>
5. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала для покрытия оросительных каналов // Известия НВ АУК. 2020. 4(60). С. 327–339. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-32.
6. Абдразаков Ф.К., Рукавишников А.А. Исключение непродуктивных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 91–94.
7. Косиченко Ю.М., Баев О.А. Гидравлическая эффективность оросительных каналов при эксплуатации // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15, № 8. С. 1147–1162.
8. Проблемы применения геосинтетических материалов (геомембран) в конструкции противифльтрационных элементов гидротехнических сооружений / С.В. Сольский, М.Г. Лопатина, С.А. Быковская, В.А. Клущенцев // Известия ВНИИГ им. В.А. Веденеева. 2020. Вып. 296. С. 22–43.
9. ГОСТ 2678–94. Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901710684> (дата обращения: 22.11.2025).
10. Руководство по ремонту и защите гидротехнических сооружений (материалы и технологии: торкретирование, наливные составы) // Mapei Russia – Ремонт и защита конструкций (практическое руководство). URL: <https://aomapei.ru/upload/iblock/d7d/ha175vebwzgal0g4uz2e52gfav9xwi8.pdf> (дата обращения: 23.11.2025).
11. Абдразаков Ф.К., Сафин Э.Э., Рукавишников А.А. Технико-экономическое обоснование применения геомембран и геотекстиля для облицовки каналов // Природообустройство. 2025. № 4. С. 51–59. DOI 10.26897/1997-6011-2025-4-51-59. EDN SJOTSZ.

#### REFERENCES

1. Bandurin M.A., Yurchenko I.F. Substantiation of the ecological and economic efficiency of the use of antifiltration geotextile coatings for water supply facilities of irrigation systems // Bulletin of the YURSTU (NPI). Ser. «Social and economic sciences». 2018. No. 3. Pp. 95–103.
2. Kokarev Ya.V., Kosichenko Yu.M., Korenovsky A.M. Methods of building anti-filtration linings on irrigation channels // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture: materials / collection of scientific papers. 2015. Issue 54. P. 27. URL: <https://www.cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/rosniipm54.pdf> (date of request: 11/22/2025).
3. The waterproofing KAPLAM geocomposite. Product description // The official website of TERATEX (RU). URL: <https://teratexgeo.ru/produkcziya/geo-kompozit-gidroizolyacziionnyj-kaplam/> (accessed: 11/16/2025).
4. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A., Safin E.E. Diagnostic methods of lined irrigation channels // Environmental management. 2024. No. 5. Pp. 21–27. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-21-27>
5. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Assessment of the prospects for using concrete sheets as a lining material for covering irrigation canals // Izvestia NV AUK. 2020. 4(60). Pp. 327–339. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-32.
6. Abdrazakov F.K., Rukavishnikov A.A. Exclusion of unproductive losses of water resources from the irrigation network through the use of innovative cladding materials // Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 10. Pp. 91–94.
7. Kosichenko Yu.M., Baev O.A. Hydraulic efficiency of irrigation channels during operation // Bulletin of MGSU. 2020. Vol. 15, No. 8. Pp. 1147–1162.
8. Solsky S.V., Lopatina M.G., Bykovskaya S.A., Klushentsev V.A. Problems of using geosynthetic materials (geomembranes) in the construction of antifiltration elements of hydraulic structures // Izvestiya VNIIG named after V.A. Vedeneev. 2020. Issue 296. Pp. 22–43.
9. GOST 2678–94. Rolled roofing and waterproofing materials. Test methods. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 1996. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901710684> (date of reference: 11/22/2025).

10. Manual on repair and protection of hydraulic structures (materials and technologies: shotcrete, bulk formulations, injections, etc.) / Mapei Russia – Repair and protection of structures (practical guide). URL: <https://aomapei.ru/upload/iblock/d7d/ha175ve6wzguai0g4uz2e52gfav9xwi8.pdf> (date of request: 11/23/2025).

11. Abdrazakov F.K., Safin E.E., Rukavishnikov A.A. Feasibility study of the use of geomembranes and geotextiles for lining channels // Environmental management. 2025. № 4. Pp. 51–59. DOI 10.26897/1997–6011-2025-4-51-59. EDN SJOTSZ.

**Абдразаков Фярид Кинжаевич**, доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, [abdrzakov.fk@mail.ru](mailto:abdrzakov.fk@mail.ru), ORCID: 0000-0003-3247-5257; **Сафин Эмиль Эдинович**, аспирант, ассистент кафедры, [mister.safimil@yandex.ru](mailto:mister.safimil@yandex.ru) ORCID: 0000-0003-3203-9703; **Рукавишников Андрей Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент, [andreirukavishn@gmail.com](mailto:andreirukavishn@gmail.com), ORCID: 0000-0002-8294-881X (Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия).

УДК 627.8

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-6-7-11

## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ГИДРОУЗЛОВ ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО УРАЛА

А.Р. ХАФИЗОВ, А.Ф. ХАЗИПОВА, Л.А. КАМАЛЕТДИНОВА,  
М.А. ЖИГУЛЕВ, А.В. КОМИССАРОВ, О.В. БОБКОВ

**Ключевые слова:** водоем, водохранилище; русловой пруд, гидротехнические сооружения, откосы, гребень, бьефы, зарастание, размывы; разрушения; критерии технического состояния.

**Keywords:** reservoir, reservoir, riverbed pond, hydraulic structures, slopes, ridge, streams, overgrowth, erosion, destruction, criteria of technical condition.

**Аннотация.** Целью исследования является комплексный анализ технического состояния и установление наиболее распространенных повреждений гидроузлов водоемов степной ландшафтной зоны Южного Урала по результатам визуальных обследований гидроузлов водоемов бассейна реки Большой Юшатырь. В результате проведенных обследований гидротехнических сооружений (ГТС) 82 гидроузлов водоемов установлены состав и типы ГТС гидроузлов, проанализированы их технические состояния по условным критериальным показателям. Выявленные наиболее распространенные повреждения ГТС систематизированы по их влиянию на работу гидроузлов. Установлено, что 20% гидроузлов находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и применительно к ним разработаны обобщенные рекомендации по ремонту.

**Abstract.** The purpose of the study is a comprehensive analysis of the technical condition and the establishment of the most common damage to the waterworks of reservoirs in the steppe landscape zone of the Southern Urals based on the results of visual surveys of the waterworks of reservoirs in the Bolshoy Yushatyr River basin. As a result of the surveys of hydraulic structures of 82 water bodies, the composition and types of hydraulic structures of water bodies were established, and their technical conditions were analyzed according to conditional criteria. The identified most common damages to hydraulic structures are systematized according to their effects on the operation of hydraulic structures. It has been established that 20% of the waterworks are in unsatisfactory technical condition and generalized repair recommendations have been developed for them.

**Введение.** В современных условиях развития водохозяйственного комплекса особую актуальность приобретает проблема обеспечения надежности и безопасности гидротехнических сооружений (ГТС) в степной ландшафтной зоне Южного Урала. Специфические природно-климатические условия этой ландшафтной зоны, характеризующиеся резкими колебаниями температур, неравномерным распределением осадков и высокой испаряемостью, предъявляют особые требования к эксплуатации ГТС. Особую значимость приобретает обследование технического состояния гидроузлов, то есть своевременное выявление дефектов и повреждений ГТС, обусловленных как естественными природными процессами, так и нарушениями правил эксплуатации.

Анализ литературных источников показал, что в настоящее время существует ряд проблем, связанных с эксплуатацией ГТС. Техническое состояние гидросооружений постоянно ухудшается, отдельные сооруже-

ния находятся в аварийном состоянии и не пригодны к эксплуатации. В большинстве случаев это связано с бесхозностью сооружений, отсутствием собственников эксплуатационных служб и необеспеченностью финансированием аварийно-восстановительных работ и реконструкции гидротехнических сооружений [1, 2].

В условиях бассейна реки Большой Юшатырь, как типичного представителя степных водотоков, проблема сохранения надежности ГТС и своевременного выявления повреждений при их эксплуатации приобретает особую актуальность в виду их важного значения для сельскохозяйственного водоснабжения, орошения и регулирования стока. При этом необходимо учитывать, что значительная часть ГТС эксплуатируется без полной проектной документации и должного технического надзора, что существенно повышает риски возникновения аварийных ситуаций.

Большинство водоемов бассейна реки Большой Юшатырь относятся к малым и крупным прудам. Как правило, они находятся в ведении муниципальных образований и техническое состояние гидроузлов является основанием принятия рациональных решений по проведению ремонтных работ с большим количеством гидроузлов. На уровне субъектов Федерации необходима также достоверная информация по состоянию и уровню безопасности отдельных ГТС и гидроузлов в целом, которая позволит направить ограниченные по объему средства на ремонт самых опасных ГТС [3–7].

Обследование ГТС гидроузлов в степной ландшафтной зоне требует учета специфических факторов воздействия окружающей среды, включая интенсивное развитие водной и береговой растительности, особенности фильтрации, размываемости и суффозии грунтов, а также специфику формирования и распределения водных нагрузок на сооружения в условиях резко континентального климата (весенне-летние паводки, меженные периоды). Все это предопределяет необходимость обследования технического состояния гидроузлов и их ГТС, установления наиболее распространенных повреждений в них.

**Целью работы** является комплексный анализ технического состояния и установление, систематизированных по влиянию на работу ГТС, наиболее распро-