

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИКО-ПРАВОВЫХ МЕР ПО СОКРАЩЕНИЮ ПОТЕРЬ ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СТРАТЕГИИ УЗБЕКИСТАНА

Тураев Улугбек Муртазаевич

***Каршинский государственный технический университет, доктор
философии (PhD) по техническим наукам***

***Мусирмонова Дилнора Шерназаровна,
студентка Каршинского государственного технического университета.***

Аннотация: В данной работе представлен системный анализ инженерных и экономико-правовых стратегий, направленных на радикальное сокращение потерь водных ресурсов в ирригационных сетях. Проблема деградации фильтрационных завес и испарения в открытых каналах рассматривается как ключевой барьер для устойчивого развития агропромышленного комплекса в аридных регионах. В статье синтезирован передовой мировой опыт применения геосинтетических барьеров (Bentofix®, Carbofol®), модульных плавающих покрытий и инновационных «солнечных каналов» (Solar Canals), обеспечивающих синергию генерации энергии и водосбережения. Особое внимание уделено реализации государственной стратегии Республики Узбекистан в рамках постановлений Президента ПП-47 и ПП-79. В работе обоснована необходимость цифрового мониторинга через интеграцию с ИС «Сув ҳисоби» и применение жестких фискальных мер, таких как двукратное увеличение ставки налога за водопользование при отсутствии «умных» систем учета.

Ключевые слова: Открытые каналы, фильтрация воды, испарение, гидроизоляция, HDPE геомембрана, геосинтетические маты (GCL), солнечные панели (solar canals), закрытые трубопроводы, модульные плавающие покрытия, водосберегающие технологии, государственные субсидии.

ANALYSIS OF TECHNICAL AND ECONOMIC-LEGAL MEASURES TO REDUCE WATER LOSSES IN IRRIGATION SYSTEMS: EXPERIENCE OF IMPLEMENTING MODERN TECHNOLOGIES AND STRATEGIES IN UZBEKISTAN

Turaev Ulugbek Murtazoevich
Karshi State Technical University,
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences
Musirmonova Dilnora Shernazar kizi,
student at Karshi State Technical University.

Abstract: *This paper presents a systems analysis of engineering and economic-legal strategies aimed at radically reducing water losses in irrigation networks. The problem of degradation of filter curtains and evaporation in open canals is considered a key barrier to the sustainable development of the agro-industrial complex in arid regions. The article synthesizes the best international practices in the application of geosynthetic barriers (Bentofix®, Carbofol®), modular floating covers, and innovative "solar channels" (Solar Canals), which ensure synergy between energy generation and water conservation. Particular attention is paid to the implementation of the state strategy of the Republic of Uzbekistan within the framework of Presidential Decrees PP-47 and PP-79. The paper substantiates the need for digital monitoring through integration with the "Suv Hisobi" information system and the application of strict fiscal measures, such as a twofold increase in the tax rate for water use in the absence of "smart" metering systems.*

Keywords: *Irrigation canals, seepage losses, evaporation control, geomembrane lining, geosynthetic clay liners (GCL), solar canals, canal-to-pipeline conversion, floating covers, water productivity, agricultural subsidies, water conservation policy.*

ВВЕДЕНИЕ. Глобальный дефицит пресной воды в засушливых зонах диктует необходимость пересмотра традиционных подходов к эксплуатации

ирригационной инфраструктуры. Основными деструктивными факторами эффективности открытых каналов остаются инфильтрация, интенсивное испарение, береговая эрозия и неконтролируемое биообрастание, снижающее дебит систем.

Для Узбекистана данная проблематика носит критический характер ввиду истощения проектного ресурса большинства объектов. Значительная часть магистральных и распределительных сетей была введена в эксплуатацию в 1930–1950-х годах; таким образом, возраст инфраструктуры достигает 90 и более лет, что значительно превышает нормативные сроки эксплуатации. Традиционные методы облицовки демонстрируют низкую надежность: бетонные покрытия без современных геосинтетических подложек подвержены растрескиванию из-за температурных деформаций и пучения грунтов, что превращает их из водонепроницаемых барьеров в «защитную броню», не препятствующую фильтрационным потерям.

МЕТОДОЛОГИЯ. Исследование базируется на междисциплинарном аналитическом подходе, включающем:

Инженерно-технический аудит: сравнительный анализ гидравлической эффективности систем облицовки на базе бентонитовых матов (GCL) и полимерных мембран (HDPE) в сравнении с монолитным бетоном.

Синтез международных данных: оценка эффективности модульных покрытий (по данным AWTТ) и расчетных показателей проекта Project Nexus (UC Merced) по перекрытию каналов фотоэлектрическими панелями.

Экономико-правовой анализ: оценка нормативно-правовой базы Узбекистана (ПП-47 от 05.02.2026 и ПП-79 от 05.03.2026) в контексте субсидирования и внедрения цифровых систем мониторинга.

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ. Противофильтрационные системы: Геосинтетические экраны и бетон. Современная гидротехническая практика требует перехода к комбинированным многослойным экранам.

Инженерное преимущество систем «геомембрана + бетон» заключается в том, что полимерный экран сохраняет герметичность даже при неизбежном нарушении целостности бетонного слоя, который в данном случае выполняет лишь функцию балласта и защиты от механических повреждений.

Таблица. 1

Сравнительная характеристика материалов для облицовки

Критерий	Bentofix® (GCL)	Carbofol® (HDPE)	Традиционный бетон
Коэффициент фильтрации (k)	$\leq 5 \times 10^{-11}$ м/с	Практически 0 (абсолютный барьер)	Высокий ($> 10^{-6}$ м/с) при деградации
Самовосстановление	Высокое (разбухание бентонита)	Требуется экструзионная сварка	Отсутствует; высокая хрупкость
Монтажные особенности	Возможна укладка под водой	Требует подготовки основания	Трудоемкая логистика смеси
Механизмы отказа	Практически отсутствуют в проектных циклах	Риск прокола при монтаже	Термическое растрескивание; отсутствие гибких швов

Борьба с испарением: Плавающие покрытия и солнечные каналы. Потери на испарение в условиях Узбекистана могут достигать критических величин (до 2500 мм водного столба в год).

Модульные покрытия: Применение систем Неха-Cover или Rhombo Hexoshield® обеспечивает закрытие до 99% зеркала воды, сокращая испарение на 98% и подавляя рост водорослей за счет блокировки фотосинтеза.

Концепция «Solar Canals»: Установка фотоэлектрических панелей над руслами каналов создает уникальный технологический симбиоз:

Экономия ресурса: до 63 млрд галлонов воды в год (по моделированию UC Merced).

Повышение КПД панелей: конвективное охлаждение за счет близости водного потока повышает эффективность выработки энергии.

Защита от сорняков: затенение минимизирует эксплуатационные расходы на очистку русла.

Землепользование: размещение 13 ГВт потенциальной мощности без изъятия плодородных земель из оборота.

Конверсия открытых каналов в закрытые трубопроводы. Переход на закрытую транспортировку является наиболее радикальным методом повышения эффективности: 100% устранение инфильтрационных и испарительных потерь.

Гравитационный напор: использование естественного пьезометрического напора позволяет исключить использование насосных станций, что дает колоссальную экономию O&M.

Повышение КПД доставки до уровня 95–100%.

Ликвидация эрозии и заиления русла.

Стабильность качества воды (отсутствие внешнего загрязнения).

Снижение затрат на очистку от растительности и наносов.

Надежность: полное исключение рисков размыва дамб и аварийных прорывов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ УЗБЕКИСТАНА. Финансовые механизмы и государственная поддержка (ПП-47 и ПП-79). Государственная стратегия модернизации базируется на масштабном финансовом обеспечении: 480 млрд сумов выделено на целевые работы по бетонированию каналов и оросительных сетей. 2,6 трлн сумов — объем льготного кредитования через коммерческие банки для частных инициатив. 800 млрд сумов — объем прямых государственных субсидий.

Размер субсидий составляет 8–12 млн сумов за гектар при внедрении водосберегающих систем. Особо выделены регионы со сложной водохозяйственной обстановкой — Республика Каракалпакстан и Хорезмская область, где применяется повышающий коэффициент 1,25 к базовым выплатам.

Прогнозируемая эффективность и показатели мониторинга. Целевыми индикаторами реформ являются экономия 206 млн м³ воды и 26 млн кВтч

электроэнергии. Модернизация затронет 389 км каналов с критическими потерями.

Инструменты контроля и санкции:

«Умный» водоучет: Обязательная установка приборов измерения с интеграцией в систему «Сув хисоби». С 2027 года при отсутствии таких приборов ставка налога за использование воды увеличивается в 2 раза (двукратный размер).

Цифровая маркировка: Использование QR-кодов на оборудовании и GPS-трекеров для мониторинга хода работ и исключения нецелевого использования бюджетных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Максимальный гидротехнический эффект достижим только при конвергенции современных материалов (HDPE/GCL) с методами активной борьбы с испарением (Solar Canals). Инвестиции в размере 480 млрд сумов и создание системы льготного кредитования (2,6 трлн сумов) в Узбекистане являются фундаментом для перехода к рациональному водопользованию. Однако техническая модернизация должна сопровождаться жестким правовым регулированием, включая штрафные коэффициенты налогообложения, что обеспечит экономическую мотивацию всех участников водохозяйственного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naue GmbH & Co. KG. Canal construction: geosynthetic liner systems (Bentofix®, Carbofol®). 2024.
2. Advanced Water Treatment Technologies (AWTT). Evaporation Control Floating Covers: Rhombo Hexoshield® Technical Data. 2026.
3. McKuin, B., et al. Solar canals: reducing evaporation and generating renewable energy. Nature Sustainability (Project Nexus analysis). 2021.
4. Morrison-Maierle. Seven Benefits of Converting Canals to Pipelines: Engineering Insights. 2024.

5. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-47 от 5 февраля 2026 года «О дополнительных мерах по повышению эффективности использования водных ресурсов».

6. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-79 от 5 марта 2026 года «О дополнительных мерах по снижению потерь воды при орошении и предотвращению ее дефицита».

7. FAO. Canal irrigation systems: Water efficiency and water productivity standards.