

**ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ОПЫТА  
МОНИТОРИНГА ДРЕНАЖНЫХ ВОД И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ**

*Аннотация:* В статье представлен обзор международного и регионального опыта мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем. Рассмотрены современные подходы к организации мониторинга, включая традиционные гидрогеологические наблюдения, применение дистанционного зондирования Земли и внедрение автоматизированных систем контроля. Проанализированы практики развитых стран, а также особенности функционирования коллекторно-дренажных систем в странах Центральной Азии, расположенных в пределах бассейна Аральского моря. Выявлены ключевые проблемы, включая недостаточную автоматизацию мониторинга, износ инфраструктуры, ограниченность финансирования и экологические последствия сброса дренажных вод. Определены основные направления совершенствования, связанные с цифровизацией мониторинга, интеграцией данных дистанционного зондирования, развитием повторного использования дренажных вод и укреплением институциональных механизмов управления.

*Ключевые слова:* коллекторно-дренажные системы, дренажные воды, мониторинг, дистанционное зондирование Земли, водно-солевой режим, засоление почв, повторное использование воды, Центральная Азия, бассейн Аральского моря.

*Dolidudko A.I., PhD*

*Leading specialist of SIC ICWC, Tashkent, Uzbekistan*

**REVIEW OF INTERNATIONAL AND REGIONAL EXPERIENCE IN  
MONITORING DRAINAGE WATER AND OPERATION OF  
COLLECTOR AND DRAINAGE SYSTEMS**

***Abstract:** This paper presents a review of international and regional experience in monitoring drainage water and managing collector-drainage systems. Modern approaches to monitoring are examined, including traditional hydrogeological observations, the use of remote sensing technologies, and the implementation of automated monitoring systems. Practices from developed countries are analyzed alongside the specific features of collector-drainage system operation in Central Asian countries within the Aral Sea Basin. Key challenges are identified, including insufficient automation of monitoring systems, infrastructure degradation, limited funding, and environmental impacts of drainage water disposal. The main directions for improvement are outlined, including digitalization of monitoring, integration of remote sensing data, development of drainage water reuse practices, and strengthening of institutional frameworks.*

***Keywords:** collector-drainage systems, drainage water, monitoring, remote sensing, water-salt regime, soil salinity, water reuse, Central Asia, Aral Sea Basin*

**Введение.** В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов и деградации орошаемых земель особую актуальность приобретает эффективное управление коллекторно-дренажными водами и эксплуатация дренажных систем. Орошаемое земледелие остаётся крупнейшим потребителем воды в мире, при этом значительная часть подаваемой воды трансформируется в коллекторно-дренажный сток, который оказывает

существенное влияние на экологическое и мелиоративное состояние территорий (FAO, 2025). Нерациональное управление этими водами приводит к вторичному засолению почв, загрязнению водных источников и ухудшению гидрогеологических условий.

Коллекторно-дренажные системы играют ключевую роль в регулировании водно-солевого режима орошаемых земель, обеспечивая предотвращение подтопления и засоления почв, а также поддержание их продуктивности. Их эффективность во многом определяется уровнем организации мониторинга, включающего наблюдение за объёмами стока, минерализацией, химическим составом и динамикой грунтовых вод. При этом значительные объёмы дренажных вод, сбрасываемые в природные водоёмы, могут вызывать экологические последствия, включая загрязнение пестицидами и рост уровня грунтовых вод в прилегающих территориях (Султанбекова и др., 2025).

На международном уровне вопросам управления дренажем и мониторинга уделяется значительное внимание, в том числе в рамках деятельности Международной комиссии по ирригации и дренажу (МКИД), а также профильных программ ФАО и других организаций. Современные подходы включают интеграцию гидрологических наблюдений, дистанционного зондирования Земли и цифровых технологий, что позволяет повысить точность оценки состояния систем и оперативность принятия управленческих решений.

В странах Центральной Азии, включая Узбекистан, Казахстан и другие государства бассейна Аральского моря (БАМ), проблема эффективной эксплуатации коллекторно-дренажных систем имеет особую значимость. Это обусловлено высокой степенью засоления орошаемых земель, значительными объёмами дренажного стока и необходимостью его повторного использования в условиях дефицита воды. Практика показывает, что повышение водообеспеченности возможно за счёт

вовлечения дренажных вод в повторное орошение при условии контроля их качества и соблюдения агроэкологических требований (Султанбекова и др., 2025).

Несмотря на накопленный международный и региональный опыт, остаются нерешёнными вопросы совершенствования систем мониторинга, внедрения современных технологий наблюдений, а также повышения эффективности эксплуатации коллекторно-дренажных сетей. Это определяет необходимость систематизации существующих подходов и анализа лучших практик.

Целью данной статьи является обзор и анализ международного и регионального опыта мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем с выявлением ключевых подходов, проблем и направлений совершенствования.

Научная новизна работы заключается в систематизации международного и регионального опыта мониторинга дренажных вод и эксплуатации КДС с выделением ключевых направлений их совершенствования в условиях аридных территорий. Практическая значимость результатов определяется возможностью их использования при разработке стратегий модернизации мелиоративных систем, совершенствовании водоучёта и внедрении современных методов управления водными ресурсами.

**Международный опыт мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем.** Международный опыт показывает, что эффективное управление коллекторно-дренажными системами основывается на комплексном мониторинге водно-солевого режима, интеграции современных технологий и институциональной поддержке на национальном и бассейновом уровнях. Ведущую роль в формировании методологических подходов играют такие организации, как ФАО и МКИД,

разрабатывающие рекомендации по устойчивому управлению орошением и дренажем.

Согласно публикациям ФАО, мониторинг дренажных вод должен включать систематическое наблюдение за расходами, минерализацией, ионным составом и содержанием загрязняющих веществ, включая агрохимикаты. Особое внимание уделяется оценке солевого баланса, поскольку именно нарушение равновесия между поступлением и выносом солей является ключевым фактором деградации орошаемых земель (ФАО, 2025).

В странах с развитым орошаемым земледелием, таких как США, Нидерланды и Австралия, внедрены высокоэффективные системы мониторинга, сочетающие наземные наблюдения и цифровые технологии. Например, в США широко используются автоматизированные станции контроля качества воды и гидрологических параметров, интегрированные в единую систему управления водными ресурсами (USGS, 2020). В Нидерландах особое внимание уделяется управлению уровнем грунтовых вод с применением регулируемого дренажа, что позволяет оптимизировать водный режим сельскохозяйственных угодий и снизить вынос питательных веществ (ICID, 2019).

Значительный интерес представляет опыт Австралии, где проблема вторичного засоления решается на основе бассейнового подхода. В рамках программ управления бассейном Муррей-Дарлинг осуществляется постоянный мониторинг солевого баланса, включая учёт поступления солей с дренажными водами и их транспорт в речной сети. Это позволяет реализовывать стратегии ограничения засоления и регулирования сбросов (MDBA, 2018).

В Китае и Индии активно внедряются технологии дистанционного зондирования Земли и геоинформационные системы (ГИС) для мониторинга состояния орошаемых земель и дренажных систем.

Использование спутниковых данных позволяет оценивать динамику засоления почв, уровень грунтовых вод и эффективность дренажа на больших территориях (Singh et al., 2021; Liu et al., 2020).

Современные подходы к эксплуатации коллекторно-дренажных систем за рубежом направлены на повышение их адаптивности и ресурсной эффективности. В частности, всё более широкое распространение получает концепция повторного использования дренажных вод, при которой дренажные воды применяются для орошения солеустойчивых культур или в смешении с пресной водой. Данный подход активно используется в штате Калифорния (США) и Австралии, что позволяет снизить нагрузку на пресные водные ресурсы и повысить общую водоеффективность (FAO, 2025).

Важным элементом международного опыта является институциональная организация мониторинга. В большинстве развитых стран функционируют централизованные базы данных, обеспечивающие сбор, хранение и анализ информации о состоянии дренажных систем. Это создаёт основу для принятия обоснованных управленческих решений и разработки долгосрочных стратегий управления водными ресурсами (World Bank, 2021).

Таким образом, международный опыт демонстрирует, что ключевыми факторами эффективного функционирования коллекторно-дренажных систем являются: (1) системный мониторинг количественных и качественных параметров дренажных вод, (2) внедрение цифровых и дистанционных технологий, (3) использование дренажных вод как дополнительного ресурса и (4) развитая институциональная и информационная инфраструктура (Табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение международных практик мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем

Страна	Подход к	Используемые	Особенности	Повторное
--------	----------	--------------	-------------	-----------

	<b>мониторингу</b>	<b>технологии</b>	<b>эксплуатации КДС</b>	<b>использование дренажных вод</b>
США	Комплексный мониторинг (расход, качество воды, загрязняющие вещества)	Автоматизированные станции, датчики, базы данных USGS	Интеграция с управлением водными ресурсами на уровне бассейнов	Широко применяется (особенно в Калифорнии)
Нидерланды	Мониторинг уровня грунтовых вод и качества дренажа	Регулируемый дренаж, ГИС, гидрологическое моделирование	Управление водным режимом через регулируемый дренаж	Ограниченно, акцент на регулирование водного режима
Австралия	Бассейновый мониторинг солевого баланса	Моделирование, дистанционное зондирование, автоматизированные системы	Управление засолением на уровне бассейна	Активно используется
Китай	Мониторинг засоления и состояния земель	Дистанционное зондирование, ГИС, спутниковые данные	Масштабные системы контроля орошаемых территорий	Ограниченно, в стадии развития
Индия	Контроль уровня грунтовых вод и засоления	ДЗЗ, наземные наблюдения	Развитие дренажных систем в засушливых регионах	Частично применяется

Сравнительный анализ показывает, что в развитых странах мониторинг носит системный и автоматизированный характер, с высокой степенью интеграции в процессы управления водными ресурсами. В то же время в развивающихся странах основной акцент делается на внедрение дистанционного зондирования и расширение наблюдательной сети. Международные организации формируют единые методологические

подходы, ориентированные на комплексный учет водно-солевого баланса и устойчивое использование дренажных вод.

Несмотря на значительные достижения в области мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем в развитых странах, прямое заимствование данных подходов в других регионах ограничено природно-климатическими, гидрогеологическими и институциональными особенностями. В частности, в странах с аридным климатом и высокой степенью зависимости от орошаемого земледелия ключевую роль играют вопросы управления засолением, дефицита водных ресурсов и повторного использования дренажных вод.

В этой связи особый интерес представляет опыт стран Центральной Азии, где эксплуатация коллекторно-дренажных систем осуществляется в условиях высокой минерализации дренажного стока, значительных площадей засоленных земель и трансграничного характера водных ресурсов БАМ. Анализ региональных практик позволяет выявить как общие закономерности, так и специфические проблемы, связанные с организацией мониторинга и управлением дренажными водами.

**Региональный опыт стран Центральной Азии в мониторинге дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем.** В странах Центральной Азии мониторинг дренажных вод и эксплуатация коллекторно-дренажных систем (КДС) являются ключевыми элементами обеспечения устойчивости орошаемого земледелия. В пределах БАМ сосредоточены значительные площади орошаемых земель, подверженных вторичному засолению, что обусловлено как природно-климатическими условиями, так и длительной практикой интенсивного орошения (Micklin, 2007; Dukhovny 2018).

Система мониторинга в регионе традиционно базируется на наблюдениях за уровнями грунтовых вод, расходами коллекторно-дренажного стока и

его минерализацией. В странах Центральной Азии функционируют гидропосты, наблюдательные скважины и лаборатории анализа качества воды. Однако, по данным Всемирного Банка (ВБ), существующие системы мониторинга характеризуются недостаточной плотностью наблюдательной сети, ограниченной автоматизацией и низкой степенью интеграции данных в управленческие процессы (World Bank, 2020).

Особенностью региона является формирование значительных объёмов дренажного стока, достигающих в отдельных орошаемых массивах 30–40% от объёма водоподачи (Духовный В.А. и др., 2018). Основные потоки коллекторно-дренажных вод формируются в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи, где функционируют крупные межхозяйственные коллекторы и системы отвода дренажных вод. Значительная часть этих вод сбрасывается в понижения рельефа и замкнутые водоёмы, что способствует накоплению солей и ухудшению экологической обстановки (Micklin, 2010).

В Узбекистане накоплен значительный практический опыт эксплуатации КДС, включая использование крупных магистральных коллекторов. В республике реализуются мероприятия по совершенствованию мониторинга, включая внедрение геоинформационных систем и технологий дистанционного зондирования Земли для оценки мелиоративного состояния земель и динамики засоления. Тем не менее, сохраняются проблемы, связанные с высоким уровнем износа инфраструктуры и недостаточной автоматизацией учета дренажных вод.

В Казахстане и Туркменистане дренажные воды частично вовлекаются в повторное использование для орошения, особенно в условиях дефицита водных ресурсов. Однако их применение ограничивается высокой минерализацией и необходимостью контроля химического состава (FAO, 2025; ICID, 2019). В Таджикистане и Кыргызстане дренажные системы развиты в меньшей степени, однако локальные проблемы засоления и подтопления также требуют развития систем мониторинга (UNECE, 2011).

Трансграничный характер водных ресурсов региона определяет необходимость координации мониторинга и управления на межгосударственном уровне. Важную роль в этом процессе играет МКВК, обеспечивающая обмен данными, согласование режимов водопользования и развитие совместных подходов к управлению водными ресурсами (Dukhovny & de Schutter, 2011).

Несмотря на наличие значительного опыта, регион сталкивается с рядом системных проблем, включая недостаточный уровень автоматизации мониторинга, ограниченность финансирования эксплуатационных мероприятий, высокий износ коллекторно-дренажной инфраструктуры и слабую интеграцию данных мониторинга в процессы принятия решений (World Bank, 2020). Дополнительным вызовом являются экологические последствия сброса дренажных вод, включая засоление водоёмов и деградацию экосистем.

В то же время в последние годы наблюдается постепенный переход к более современным подходам, включая внедрение цифровых технологий, развитие систем водоучёта и повышение внимания к повторному использованию дренажных вод. Это создаёт предпосылки для адаптации международного опыта с учётом региональной специфики и повышения эффективности управления коллекторно-дренажными системами.

**Современные методы мониторинга дренажных вод и состояния коллекторно-дренажных систем.** Эффективность эксплуатации КДС во многом определяется качеством и полнотой мониторинга, обеспечивающего получение достоверной информации о водно-солевом режиме орошаемых территорий. В мировой и региональной практике сформировалось три основных направления мониторинга: традиционные гидрогеологические наблюдения, дистанционное зондирование Земли и автоматизированные системы контроля.

**Традиционные методы мониторинга.** Классические подходы к мониторингу дренажных вод основаны на системе стационарных наблюдений, включающих гидропосты на коллекторах, наблюдательные скважины и лабораторный анализ качества воды. Основными контролируруемыми параметрами являются:

- расходы дренажного стока;
- уровень грунтовых вод;
- минерализация и ионный состав воды;
- содержание загрязняющих веществ.

Данные методы широко применяются в странах Центральной Азии и остаются основой мониторинга благодаря своей относительной простоте и накопленной базе наблюдений. Согласно рекомендациям ФАО, регулярные измерения минерализации и уровня грунтовых вод являются ключевыми индикаторами оценки мелиоративного состояния земель (ФАО, 2025). Вместе с тем, традиционные методы имеют ряд ограничений, включая трудоёмкость, низкую пространственную репрезентативность и задержки в получении данных, что снижает оперативность принятия решений (World Bank, 2020).

***Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные системы.***

Современным направлением развития мониторинга является использование технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в сочетании с геоинформационными системами (ГИС). Данные спутниковых наблюдений позволяют оценивать:

- пространственное распределение засоления почв;
- динамику влажности и водного стресса;
- изменения уровня грунтовых вод (косвенными методами);
- состояние сельскохозяйственных культур.

Наиболее широко используются спутниковые платформы Landsat и Sentinel, обеспечивающие регулярное обновление данных с высокой

пространственной и временной разрешающей способностью (Singh et al., 2021; Liu et al., 2020).

Применение ДЗЗ особенно эффективно для крупных орошаемых массивов, характерных для региона БАМ, где традиционные методы не обеспечивают достаточной детализации. Интеграция спутниковых данных с наземными наблюдениями позволяет формировать комплексные системы мониторинга и повышать точность оценки мелиоративного состояния территорий.

#### ***Автоматизированные системы мониторинга и цифровые технологии.***

Одним из ключевых направлений развития является внедрение автоматизированных систем мониторинга, основанных на использовании датчиков, телеметрии и цифровых платформ. Такие системы позволяют в режиме реального времени контролировать:

- уровни и расходы воды в коллекторах;
- качество воды (электропроводность, температура, рН);
- параметры работы гидротехнических сооружений.

В развитых странах подобные системы интегрированы в национальные базы данных и системы поддержки принятия решений. Например, в США данные мониторинга аккумулируются и обрабатываются в рамках программ United States Geological Survey, обеспечивая открытый доступ к информации и её использование для управления водными ресурсами (USGS, 2020).

По оценкам ВБ, внедрение цифровых технологий позволяет существенно повысить эффективность эксплуатации КДС за счёт своевременного выявления проблем и оптимизации режимов работы систем (World Bank, 2021).

***Интегрированные подходы к мониторингу.*** Современные тенденции развития мониторинга направлены на интеграцию различных методов в

единую систему. Наиболее эффективным является комбинированный подход, включающий:

- наземные наблюдения (для калибровки и верификации данных);
- дистанционное зондирование (для пространственного анализа);
- автоматизированные системы (для оперативного контроля).

Такие интегрированные системы позволяют учитывать как количественные, так и качественные характеристики дренажных вод, а также обеспечивают основу для адаптивного управления орошением и дренажем.

Таким образом, современный мониторинг дренажных вод представляет собой многоуровневую систему, сочетающую традиционные методы наблюдений с цифровыми и дистанционными технологиями. Внедрение интегрированных подходов является ключевым направлением повышения эффективности эксплуатации коллекторно-дренажных систем, особенно в условиях водного дефицита и нарастающей деградации орошаемых земель.

### **Проблемы, ограничения и направления совершенствования мониторинга и эксплуатации коллекторно-дренажных систем.**

Несмотря на накопленный международный и региональный опыт, системы мониторинга дренажных вод и эксплуатации КДС продолжают сталкиваться с рядом системных ограничений, снижающих их эффективность и устойчивость. Эти проблемы носят как технический, так и институциональный характер и особенно остро проявляются в странах БАМ.

*Ключевые проблемы и ограничения.* Одной из основных проблем является недостаточный уровень развития систем мониторинга. Во многих странах региона наблюдательная сеть характеризуется низкой плотностью, устаревшим оборудованием и ограниченной автоматизацией. Это

приводит к фрагментарности данных и снижению их достоверности. Существенным ограничением остаётся высокий уровень износа коллекторно-дренажной инфраструктуры. Значительная часть коллекторов и дренажных сетей была построена в советский период и в настоящее время требует реконструкции и модернизации. Это приводит к снижению пропускной способности систем, заиливанию коллекторов и ухудшению условий отвода дренажных вод.

Отдельной проблемой является низкий уровень интеграции данных мониторинга в процессы принятия решений. В большинстве случаев собранная информация используется лишь для отчётности и не вовлекается в оперативное управление режимами орошения и дренажа. Это ограничивает возможности адаптивного управления водными ресурсами.

Экологические последствия эксплуатации КДС также остаются значимым вызовом. Сброс дренажных вод с высокой минерализацией и содержанием агрохимикатов приводит к деградации водных экосистем, засолению почв и ухудшению качества водных ресурсов. Данная проблема особенно актуальна для замкнутых водоёмов БАМ.

Наконец, существенным ограничением является недостаточное финансирование эксплуатационных мероприятий и мониторинга, что препятствует внедрению современных технологий и поддержанию инфраструктуры в рабочем состоянии.

***Направления совершенствования.*** Современные тенденции развития водного хозяйства определяют необходимость перехода к более эффективным и технологически развитым системам мониторинга и управления КДС:

1. Цифровизация мониторинга и автоматизация учета. Внедрение автоматизированных систем мониторинга, основанных на использовании датчиков, телеметрии и цифровых платформ, позволяет обеспечить

непрерывный контроль параметров дренажных вод. Развитие технологий IoT и облачных решений создаёт предпосылки для формирования единого информационного пространства управления водными ресурсами.

2. Интеграция дистанционного зондирования Земли. Использование данных спутниковых наблюдений позволяет существенно повысить пространственную охваченность мониторинга и оперативность выявления проблемных зон. Интеграция ДЗЗ с наземными наблюдениями обеспечивает более точную оценку мелиоративного состояния территорий.

3. Развитие повторного использования дренажных вод. В условиях дефицита водных ресурсов перспективным направлением является расширение практики повторного использования дренажных вод. При этом необходим строгий контроль их качества и разработка научно обоснованных режимов использования, включая смешение с пресной водой и применение для солеустойчивых культур.

4. Модернизация и реконструкция КДС. Повышение эффективности эксплуатации требует реконструкции существующих коллекторов, внедрения регулируемого дренажа и оптимизации гидравлических параметров систем. Это позволит снизить потери воды и повысить эффективность отвода дренажных вод.

5. Институциональное развитие и региональное сотрудничество. В условиях трансграничного водопользования особое значение имеет усиление координации между странами региона. Важную роль в этом процессе играет МКВК, обеспечивающая согласование водохозяйственной политики и обмен данными. Развитие институциональных механизмов должно сопровождаться повышением квалификации кадров и внедрением современных методов управления.

6. Переход к интегрированному управлению водными ресурсами. Перспективным направлением является внедрение принципов интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР),

предусматривающего учёт взаимосвязи между орошением, дренажем, качеством воды и экологическими аспектами. Это позволит обеспечить более устойчивое использование водных ресурсов и снизить негативные последствия эксплуатации КДС.

Таким образом, повышение эффективности мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем требует комплексного подхода, включающего модернизацию инфраструктуры, внедрение цифровых технологий, развитие институциональных механизмов и адаптацию международного опыта к региональным условиям. Реализация указанных направлений позволит повысить устойчивость орошаемого земледелия и снизить экологические риски в странах Центральной Азии.

**Заключение.** Проведённый обзор международного и регионального опыта мониторинга дренажных вод и эксплуатации коллекторно-дренажных систем показал, что эффективное управление водно-солевым режимом орошаемых территорий является одним из ключевых факторов обеспечения устойчивости сельского хозяйства. Ведущие страны демонстрируют высокий уровень развития систем мониторинга, основанных на интеграции автоматизированных наблюдений, дистанционного зондирования Земли и цифровых технологий, что обеспечивает оперативность и обоснованность управленческих решений.

В то же время в странах Центральной Азии, расположенных в пределах БАМ, несмотря на значительный накопленный опыт эксплуатации коллекторно-дренажных систем, сохраняются системные проблемы, включая износ инфраструктуры, недостаточную автоматизацию мониторинга, ограниченность финансирования и слабую интеграцию данных в процессы управления. Особую сложность представляет необходимость функционирования КДС в условиях дефицита водных

ресурсов, высокой минерализации дренажных вод и трансграничного характера водопользования.

Результаты анализа показывают, что перспективы повышения эффективности мониторинга и эксплуатации КДС в регионе связаны с внедрением интегрированных подходов, сочетающих традиционные методы наблюдений с современными цифровыми технологиями, включая дистанционное зондирование Земли и автоматизированные системы контроля. Существенный потенциал также связан с развитием повторного использования дренажных вод при соблюдении экологических и агрономических требований.

В целом, переход к более технологически развитым и интегрированным системам мониторинга и эксплуатации КДС является необходимым условием повышения водной безопасности и устойчивого развития орошаемого земледелия в странах Центральной Азии.

#### **Список использованной литературы**

1. Dukhovny, V. et al. (2018). Controlled subsurface drainage as a strategy for improved water management in irrigated agriculture of Uzbekistan. Irrigation and Drainage. CRC Press London. DOI: 10.1002/ird.2259
2. Dukhovny, V., de Schutter, J. (2011). Water in Central Asia: Past, Present, Future. <https://doi.org/10.1201/9780429299926>
3. FAO (2025). Reuse of water in agricultural systems. <https://doi.org/10.4060/cd6520en>
4. Hamidov, A. et al. (2022). Operationalizing water-energy-food nexus research for sustainable development in social-ecological systems: an interdisciplinary learning case in Central Asia. Ecology and Society 27(1):12. <https://doi.org/10.5751/ES-12891-270112>
5. ICID (2019). Drainage management guidelines
6. Liu, Y. et al. (2020). GIS-based monitoring of irrigated lands
7. MDBA (2018). Salinity Management Strategy

8. Philip Micklin (2007). The Aral Sea Disaster. Annual Review Earth and Planetary Sciences. Vol. 35:47-72.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140120>
9. Micklin, Philip (2010). The past, present, and future of the Aral Sea. Lakes & Reservoirs: Research and Management, 15, pp. 193-213. DOI:10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x.
10. Singh, A. et al. (2021). Remote sensing for irrigation and salinity assessment
11. UNECE (2011). Second Assessment of Transboundary Rivers, Lakes and Groundwaters
12. USGS (2020). Water Quality Monitoring Systems
13. V.A. Dukhovny, V.I. Sokolov, D.R. Ziganshina (2013). Integrated Water Resources Management in Central Asia, as a way of survival in conditions of water scarcity, Quaternary International, Volume 311, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.07.003>
14. World Bank (2020). Water management in Central Asia
15. World Bank (2021). Water in Agriculture: Improving Management
16. Султанбекова П., Дуанбекова А., Жакупова Ж., Нурмашева Г., Уразбекова М., Рыскулбекова Л. (2025). Эколого-мелиоративная оценка коллекторно-дренажных вод с целью рационального использования в ирригационных системах. Izdenister Natigeler, №4 (108), 428–438.  
<https://doi.org/10.37884/4-2025/44>
17. Султанбекова П., Дуанбекова А., Капар Ш., Рыскулбекова Л., Жанымхан К., Жакупова Ж. (2025). Использование коллекторно-дренажных вод для повышения водообеспеченности Мирзачульского орошаемого массива. Izdenister Natigeler, №2 (106), 452–463.  
<https://doi.org/10.37884/2-2025/45>

18. Хамраев Ш.Р., Долидудко А.И. (2021). Влияние открытой коллекторнодренажной сети на мелиоративное состояние орошаемых земель. «Advances in Science and Technology». Москва, стр. 122-124.

19. Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Долидудко А.И. (2021). Гидрологические и гидрохимические характеристики коллекторно-дренажных вод среднего течения бассейна р.Сырдарьи. Международная научно-практическая конференция “Гидрометеорология, изменение климата и мониторинг окружающей среды: актуальные проблемы и пути их решения” Ташкент: НИГМИ, стр. 147-150.