

МРНТИ 70.01.11

Г.С. Алимбетова¹ – основной автор, ©
Г.Е. Омарова², К. Калтай³,
А. Рысалиева⁴, Н.К. Рысмаханов⁵



¹Магистрант, Конструктор 3 категории, ²Д-р техн. наук, профессор,
^{3,4,5}Докторант

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0004-5046-0520> ²<https://orcid.org/0000-0001-7776-6600>
³<https://orcid.org/0009-0003-9972-3865> ⁴<https://orcid.org/0000-0003-1013-1402>
⁵<https://orcid.org/0009-0009-0430-4996>



^{1,5}Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства,
г. Тараз, Казахстан
^{2,3,4}Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации,
г. Тараз, Казахстан

@

¹gulzhan-alimbetova@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/ВНОК6673>

ПРОГНОЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАСЕЙНА РЕКИ ТАЛАС ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. Прогнозирование эффективного хозяйственного использования орошаемых территорий бассейна реки Талас приобретает актуальность в контексте решения экологических, экономических социальных и политических аспектов, а также прогнозные тенденции, непосредственно связанные с изменением климата и водными ресурсами. Цель данного исследования – разработка прогноза использования орошаемых территорий бассейна реки Талас для повышения эффективности хозяйственной деятельности. Это включает анализ текущего состояния ирригационных систем, оценку водных и почвенных ресурсов. Актуальность прогнозов заключается в необходимости моделирования сценариев, учитывающих эти факторы для внедрения водосберегающих технологий. Водные ресурсы бассейна поддерживают жизненный процесс, преимущественно через сельскохозяйственную деятельность. Прогнозы использования орошаемых территорий дают возможность повысить эффективность хозяйственной деятельности, увеличив рентабельность на 15-20% за счет внедрения современных подходов. Они служат основой для разработки стратегий, направленных на сокращение потерь воды, предотвращение засоления почв, повышение урожайности и устойчивости сельского хозяйства, а также обеспечение экологической стабильности региона в условиях современных вызовов.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, водные ресурсы, прогноз водообеспеченности, водосберегающие технологии, бассейн реки Талас.



Алимбетова, Г.С. Прогноз использования орошаемых территорий бассейна реки Талас для эффективного хозяйственного использования [Текст] / Г.С. Алимбетова, Г.Е. Омарова, К. Калтай, А. Рысалиева, Н.К. Рысмаханов //Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.350-359. <https://doi.org/10.55956/ВНОК6673>

Введение. Река Талас играет важнейшую роль и обеспечивает водными ресурсами Жамбылский, Таласский, Байзакский, Мойынкумский районы для ирригации сельскохозяйственных земель. Эти ресурсы составляют сельскохозяйственную деятельность, от которой зависят экономическая ситуация региона. Экономика Жамбылской области в значительной степени зависит от сельского хозяйства, где орошение от ресурсов реки Талас обеспечивает производство ключевых сельскохозяйственных культур, в основном, это – зерновые и овощи. Политический фактор актуальности добавляет географическое расположение бассейна реки Талас, который является трансграничным, разделенным между Казахстаном и Кыргызстаном. Эффективное управление требует международного сотрудничества в рамках Комиссии по Шу-Таласскому бассейну, которая способствует интегрированному управлению водными ресурсами. Прогнозы помогают в урегулировании конфликтов, связанных с распределением воды, особенно в условиях нарастающего дефицита. Изменение климата оказывает серьезное влияние на гидрологические процессы в бассейне реки Талас, что прогнозирует использование орошаемых территорий необходимыми для предотвращения экологических бедствий. В соответствии с предположениями, что температура в бассейнах Шу и Талас может повыситься на 2-3°C к 2050 году и на 3-4°C к 2100 году по умеренному сценарию RCP 4.5 МГЭИК [1], что приведет к ускоренному таянию ледников, первоначальному повышению стока рек с последующим снижением. Исследования показывают, что среднегодовой сток реки Талас может сократиться с 1,8 км³ до 1,5 км³ к 2080 году, а для всего бассейна предвидится снижение на 25-30% к 2050 году. Такие изменения увеличивают угрозы наводнений в краткосрочной перспективе и засух в долгосрочной, что напрямую воздействует на орошаемые земли. В Казахстане перемены в климате уже приводят к изменению режима осадков, повышению испарения и снижению доступности воды для ирригации. В Жамбылской области, где река Талас осуществляет орошение больших площадей, наблюдаются проблемы с засолением почв и подъемом грунтовых вод из-за неэффективного использования ресурсов. Рост дефицита воды к 2050 году может привести к деградации до 30% орошаемых земель без адекватных мер.

Орошаемые территории бассейна реки Талас являются жизненно важным ресурсом Жамбылской области, определяющим продовольственную безопасность населения. Однако недостаточность современного научно-технического обеспечения мелиорации орошаемых земель сдерживает развитие конкурентоспособного производства сельскохозяйственной продукции в объемах, достаточных для удовлетворения потребностей внутреннего рынка и формирования экспортных ресурсов, с целью улучшения позиций на внешних рынках, а также успешному развитию водного сектора экономики и водохозяйственной политики.

Проведенные анализ и исследования соответствуют стратегически важной государственной задаче водообеспечения агропромышленного комплекса Республики Казахстан и решения вопросов поставленных в стратегических и программных документах, например таких как, Послание Главы Государства Касым-Жомарта Токаева от 8 сентября 2025 года «Конструктивный общественный диалог – основа стабильности и процветания Казахстана» [2], где Президент озвучил направление по развитию интегрированного развития и автоматизации использования водных ресурсов в орошаемом земледелии путем широкого внедрения

цифровых механизмов использования водных ресурсов и применение водосберегающих технологий орошения.

Резервы сэкономленных водных ресурсов для расширения новых орошаемых земель можно создать за счет сокращения потерь воды в ирригационных системах и непосредственно на орошаемых массивах на основе применения передовых водосберегающих технологий орошения сельскохозяйственных культур. Изучение тенденций формирования и прогнозирования изменения доступных водных ресурсов на орошение, позволит усовершенствовать управление водными ресурсами в орошаемом земледелии с учетом целесообразности потребления и спроса, а также особенностей регионов.

В этой связи проведены исследования и создана структура на базе мониторинга (БМ) мелиоративного состояния орошаемых земель, которая включает базу данных многолетних исследований: климатические данные, показатели почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель, картографические материалы и статистические данные.

В работе использована методика оценки перспективных водообеспеченных территорий для развития орошаемого земледелия южно-го региона РК (наличие водных источников, тип почвы, рельеф и др.)

Все натурные исследования были выполнены в соответствии требованиям стандартов, норм и правил технологической и экологической безопасности, отраженным в законодательных актах Республики Казахстан и выполняться по общепринятым методикам, с соблюдением ГОСТов и отраслевых стандартов [3].

Условия и методы исследования. Методы исследования орошаемых территорий бассейна реки Талас основывались на комплексном исследовании орошаемых территорий бассейна реки Талас, требуемых сочетания ГИС-анализа, гидрологических и почвенных исследований, экономической и экологической оценки, а также внедрения современных цифровых технологий [4-6]. Такой междисциплинарный подход обеспечивает эффективное и устойчивое хозяйственное использование земель и основывается на семи основных методах:

- Прогнозные методы: использование и анализ ведомственных и статических данных и их обработка;

- Картографо-геоинформационные методы использования ГИС и ДЗЗ для составления карт орошаемых земель, анализа пространственных особенностей и мониторинга динамики посевов. Применение спутниковых данных (Landsat, Sentinel) и аэрофотосъёмки с дронов для выявления деградации земель и состояния ирригационных систем;

- Гидрологические и водохозяйственные методы: расчёт водного баланса бассейна, гидрометрические наблюдения на гидростаях, моделирование водопотребности культур, оценка КПД каналов;

- Почвенно-агрономические методы: агрохимический анализ почв, оценка засоления и щёлочности, мониторинг плодородия, внедрение экспериментальных способов орошения (капельное, дождевание);

- Экономические методы: экономико-математическое моделирование структуры посевов, анализ затрат и рентабельности, выявление эффективных технологий полива, опросы фермеров для оценки барьеров внедрения инноваций;

– Экологические методы: мониторинг уровня грунтовых вод, оценка влияния орошения на экосистемы, GIS-моделирование деградации, сценарное прогнозирование климатических рисков;

– Инновационные подходы: применение систем точного земледелия, датчиков влажности почв, смарт-моделей полива, Big Data и машинного обучения для прогнозирования урожайности и оптимизации водопользования.

Схема этапов исследования и сценарии повышения рентабельности для выбора наиболее выгодных культур приведен ниже (рис. 1, 2).

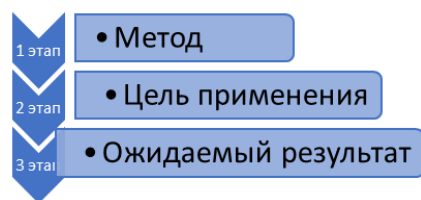


Рис. 1. Этапы исследования орошаемых территорий



Рис. 2. Сценарии повышения рентабельности, выбор наиболее выгодных культур

Результаты исследований и их обсуждение. Общий объем забора свежей воды для использования в отраслях экономики по Жамбылской области в 2024 году составил 1727,467 млн.м³, в том числе из поверхностных источников 1668,137 млн.м³, из подземных 59,331 млн.м³, (в том числе 2,397 млн.м³ шахтно-рудничных вод) по сравнению с 2023 годом общий водозабор (1526,894млн.м³) увеличился на 200,574 млн.м³, в т.ч. поверхностных на 197,723 млн.м³, увеличение подземных вод – на 2,851 млн.м³ [7].

То есть забор воды на хозяйственно-питьевые нужды уменьшился на 0,215 млн.м³, на производственные увеличился на 2,661 млн.м³, на сельское хозяйство увеличился на 198,228 млн.м³, на рыбное хозяйств остался без изменений по сравнению с 2023 годом. Полив зеленных насаждений уменьшился на 0,046 млн. м³.

Объем воды, забранной для использования отраслями экономики составил 1727,467 млн.м³. Сведения по отраслям экономики приведены в таблице 1.

Таблица 1

Водозабор по отраслям экономики Жамбылской области по реке Талас в 2024

№ п/п	Отрасль экономики	объем, млн.м ³
1	хозяйственно-питьевые	39,669
2	производственные	40,935
3	сельское хозяйство	1646,707
4	рыбное хозяйство	0,128
5	полив зеленных насаждений	0,022
6	прочие нужды	0,006
Итого		1727,467

Общий объем забора из реки Талас в ближайшие 10 лет будет меняться под влиянием демографических, экономических и технологических факторов. Основные направления потребления воды распределяются по четырём группам: хозяйственно-питьевые нужды, производственные нужды, сельское хозяйство, а также рыбное хозяйство, полив зелёных насаждений и прочие цели:

1. Хозяйственно-питьевые нужды растут пропорционально росту населения (1,5-2% в год). Таким образом, эта категория в общем водозаборе в долгосрочной перспективе имеет устойчивую тенденцию к увеличению;

2. Производственные нужды зависят от промышленного роста (1-3% в год). Это отражает ожидаемое расширение производства и рост потребностей в технической воде. Данная категория относительно мала по сравнению с сельским хозяйством и связана с темпами экономического роста, но постепенно может усиливать нагрузку на водные ресурсы;

3. Сельское хозяйство – ключевой потребитель (95%), динамика зависит от расширения орошаемых земель и водосберегающих технологий (рост 0,5-1% при модернизации, до 2% без неё). То есть при недостаточных инвестициях в модернизацию рост может быть выше и увеличится нагрузка на речные ресурсы, что может привести к рискам дефицита.

4. Рыбное хозяйство, полив зелёных насаждений и прочие нужды – эта группа остается наименее значимой, демонстрирует стабильность, колебания составляют $\pm 0,5\%$, что существенного влияния на общую динамику водопотребления не оказывает;

5. Прочие нужды остаются без изменений.

Таким образом, несмотря на непрерывный рост промышленных и бытовых потребностей, сельское хозяйство останется доминирующим потребителем воды. Прогноз объема забора из реки Талас в ближайшие 10 лет приведена в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 2

Прогноз водозабора по реке Талас к 2030-2035 гг.

№ п/п	Отрасль экономики	2024 (база) млн.м ³	2030 (прогноз) млн.м ³	2035 (прогноз) млн.м ³
1	хозяйственно-питьевые	39,669	42,9	46,2
2	производственные	40,935	45,2	49,9
3	сельское хозяйство	1646,707	1725,9	1810,7
4	рыбное хозяйство	0,128	0,13	0,13
5	полив зеленных насаждений	0,022	0,023	0,023
6	прочие нужды	0,006	0,006	0,006
Итого		1727,467	1814,2	1907,0

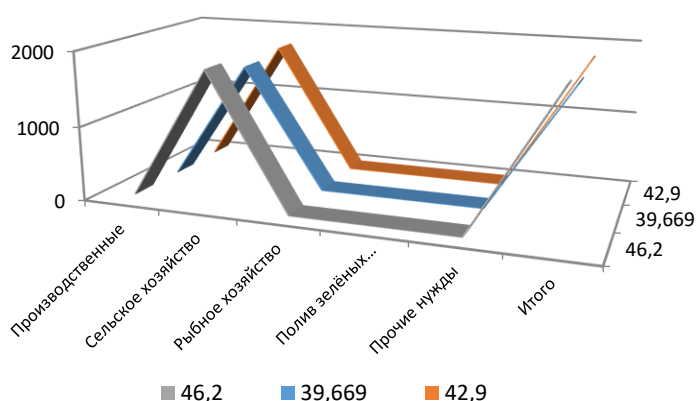


Рис. 3. Прогноз водозабора реки Талас по отраслям на период 2030-2035 гг.

Результаты анализа показывают, что прирост водопотребления к 2030 году составит 87 млн.м³, к 2035 году – 180 млн.м³. Таким образом, необходимы меры по повышению эффективности орошения и внедрению водосберегающих технологий для обеспечения устойчивого водопользования в бассейне реки Талас.

Проведённое исследование орошаемых территорий бассейна реки Талас выявило ключевые проблемы и возможности для перспективного развития ирригационного земледелия в регионе [6]:

– Пространственный анализ (ГИС и ДЗЗ): Сокращение площади орошаемых земель на 12-15% за период 2015-2025 гг., что указывает на деградацию ирригационных систем, особенно в нижнем течении реки, где КПД каналов составляет всего 0,45-0,55. Это обусловлено устаревшей инфраструктурой, отсутствием регулярного технического обслуживания и низкой эффективностью водораспределения. Недостаточное орошение 25-30% полей подчёркивает неравномерность водоснабжения, что требует внедрения современных методов мониторинга и управления, таких как ГИС и дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Эти технологии позволяют точно определять проблемные участки и оптимизировать распределение водных ресурсов.

– Водохозяйственный анализ: Среднегодовой сток реки Талас (2,2-2,5 км³) преимущественно (70-75%) используется для ирригации, однако до 40% воды теряется в каналах из-за их низкой технической эффективности. Внедрение капельного и дождевого орошения демонстрирует значительное снижение водозатрат (на 25-35%), что подтверждает целесообразность

перехода к водосберегающим технологиям. Однако высокие первоначальные затраты на установку таких систем требуют государственной поддержки или привлечения инвестиций.

– Почвенно-агрономические исследования: Вторичное засоление почв, затрагивающее 28-30% земель, является серьёзной угрозой для устойчивого земледелия. Это связано с неконтролируемым поливом и подъёмом грунтовых вод, особенно в нижнем течении. Оптимальная норма полива (7-8 тыс. м³/га) позволяет минимизировать засоление.

– Экономическая оценка: Водосберегающее орошение, несмотря на более высокие затраты, обеспечивает рост рентабельности на 15-20%. Это обусловлено снижением потерь воды и увеличением урожайности. Оптимизация структуры посевов дополнительно повышает экономический эффект на 12-15%, что делает её важным инструментом для повышения доходности фермерских хозяйств.

– Экологические результаты: Подъём грунтовых вод на 0,5-1,2 м в нижнем течении и связанное с ним переувлажнение почв приводят к снижению биоразнообразия. Прогнозируемый рост дефицита воды к 2050 г. (15-20%) подчёркивает необходимость срочных мер по рациональному использованию водных ресурсов. Внедрение водосберегающих технологий и мониторинга может смягчить экологические последствия, но требует комплексного подхода, включая восстановление экосистем и контроль за водопотреблением.

– Инновационные и цифровые методы: Дистанционный мониторинг и автоматизация орошения показали высокую эффективность, сократив поливную норму на 10-12% и повысив КПД до 0,75-0,8. Точное земледелие, основанное на данных ГИС и ДЗЗ, позволяет оптимизировать водопотребление и минимизировать экологический ущерб. Однако внедрение этих технологий ограничено высокой стоимостью оборудования и недостаточной подготовкой специалистов.

Заключение. Исследование орошаемых территорий бассейна реки Талас выявило ключевые проблемы, существенно ограничивающие эффективность сельскохозяйственного производства, связанные с деградацией земель, высокими потерями воды, вторичным засолением почв и низкой эффективностью традиционных методов орошения [8-10]. Сокращение орошаемых площадей на 12-15% зафиксировано за период 2015-2025 гг., так же значительные водопотери (до 40%) и экологические вызовы, такие как подъём грунтовых вод и снижение биоразнообразия, подчёркивают необходимость срочных мер. Внедрение капельного и дождевого орошения показало высокую эффективность, снижая водозатраты на 25-35% и повышая урожайность и рентабельность (на 15-20%). Цифровые технологии, включая ГИС и дистанционный мониторинг, позволяют оптимизировать водопотребление и повысить КПД до 0,75-0,8. Для устойчивого развития региона требуется комплексный подход, объединяющий модернизацию ирригационной инфраструктуры, внедрение водосберегающих технологий, оптимизацию структуры посевов и обучение фермеров [11-16]. Государственная поддержка и инвестиции в инновации станут решающими факторами для минимизации экологических рисков и обеспечения продовольственной безопасности [12].

Сценарное прогнозирование для эффективного хозяйственного использования до 2050 года показывает, что при условии перехода на водосберегающие технологии и интегрированное управление водными

ресурсами возможно гарантированное орошение на площади до 80-85 тыс. га (против текущих 65-70 тыс. га), даже с учётом ожидаемого дефицита водных ресурсов.

Можно сделать вывод: бассейн реки Талас обладает высоким потенциалом для устойчивого развития сельского хозяйства, при условии плановых реформ в сфере водопользования, что позволит не только минимизировать экологические риски, но и обеспечить стабильное продовольственное снабжение региона к 2050 году.

Список литературы

1. МГЭИК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unece.org/sites/default/files/datastore/fileadmin/DAM/env/water/Chu-Talas/EN_ClimateProofingChuTalas_web_10Dec2018.pdf.
2. Послание Президента Касым-Жомарта Токаева от 08 сентября 2025 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zakon.kz/obshestvo/6490035-poslanie-prezidenta-tokaeva-narodu-kazakhstana-video.htm>.
3. Индексы растительности NDVI, почвенный индекс SAVI, индекс повышенной растительности EVI, индекс нормированной разности влажности NDWI и др. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code.earthengine.google.com/17dd3620fd54566076c40f5575d4a2e8>.
4. Шахова, Г.А. Экономическая оценка эффективности методов орошения в сельском хозяйстве [Текст] / Г.А. Шахова, М.К. Жуманова. – Караганда: КарГУ, 2020. – 162 с.
5. Трофимов, С.С. Почвенные исследования орошаемых территорий [Текст] / С.С. Трофимов, П.Н. Мельников. – Москва : Наука, 2016. – 288 с.
6. Water Resources of the Talas River Basin. UNECE Project Report. – Geneva, 2017.
7. Отчет Шу-Таласской бассейновой инспекции по регулированию, охране и использованию водных ресурсов КРОИВР МВРИ РК. Отчетный период: 2024 год [Текст]. – Тараз, 2025.
8. Агашев, Ш.Ж. Рациональное использование водных ресурсов в орошаемом земледелии Казахстана [Текст] / Ш.Ж. Агашев, Б.Б. Байбулатов. – Алматы: КазНАУ, 2018. – 214 с.
9. Алиев, Г.А. Мелиорация и использование орошаемых земель [Текст] / Г.А. Алиев. – Москва: Колос, 2015. – 356 с.
10. Ахметов, С.А. Современные технологии водопользования в сельском хозяйстве Казахстана [Текст] / С.А. Ахметов, Е.К. Жолдасбаев. – Нур-Султан: ИК «Фолиант», 2020. – 275 с.
11. Бегалиев, С.Б. Орошаемое земледелие Казахстана: проблемы и пути решения [Текст] / С.Б. Бегалиев. – Шымкент : ЮКГУ, 2017. – 198 с.
12. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и природопользования Республики Казахстан (2015-2022) [Текст]. – Нур-Султан: Министерство экологии и природных ресурсов РК, 2023.
13. FAO. Irrigation in Central Asia in Figures. AQUASTAT Survey. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
14. IPCC. Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change Technical Paper. – Geneva, 2019.
15. Qadir, M., Noble, A.D., Karajeh, F., George, B. Potential business opportunities from saline water and salt-affected land resources. – Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2015.
16. United Nations Development Programme (UNDP). Sustainable Land and Water Management in Central Asia. – New York, 2020.

Материал поступил в редакцию 12.09.25, принят 27.09.25.

Г.С. Алимбетова¹, Г.Е. Омарова², К. Калтай², А. Рысалиева², Н.К. Рысмаханов¹

¹Қазақ су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты, Тараз қ., Қазақстан

²Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті,
Тараз қ., Қазақстан

ТАЛАС ӨЗЕНІ БАССЕЙНІНІҢ СУАРМАЛЫ АЛҚАПТАРЫН ШАРУАШЫЛЫҚҚА ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ БОЛЖАМЫ

Аңдатпа. Талас өзені бассейніндегі суармалы алқаптарды тиімді экономикалық пайдалануды болжау экологиялық, экономикалық, әлеуметтік және саяси аспектілерді, сондай-ақ климаттың өзгеруіне және су ресурстарына тікелей байланысты болжам тенденцияларын шешу контекстінде маңыздырақ болып отыр. Бұл зерттеудің мақсаты экономикалық тиімділікті арттыру үшін Талас өзені бассейніндегі суармалы алқаптарды пайдалану болжамын жасау болып табылады. Бұл суару жүйелерінің ағымдағы жағдайын талдауды және су және топырақ ресурстарын бағалауды қамтиды. Бассейннің су ресурстары, ең алдымен, ауылшаруашылық қызметі арқылы тіршілік процестерін қамтамасыз етеді. Суармалы алқаптарды пайдаланудың болжамдары заманауи тәсілдерді енгізу арқылы рентабельділікті 15-20%-ға арттыра отырып, шаруашылық қызметінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Олар судың жоғалуын азайтуға, топырақтың тұздануын болдырмауға, ауыл шаруашылығы өнімділігі мен тұрақтылығын арттыруға, заманауи сын-қатерлер жағдайында аймақтың экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге бағытталған стратегияларды әзірлеуге негіз болады.

Тірек сөздер: суармалы егіншілік, су ресурстары, судың болуы болжамы, су үнемдеу технологиялары, Талас өзені бассейні.

G.S. Alimbetova¹, G.E. Omarova², K. Kaltai², A. Rysaliev², N.K. Rysmakhanov¹

¹Kazakh Scientific Research Institute of Water Management, Taraz, Kazakhstan

²Kazakh National University of Water Management and Irrigation, Taraz, Kazakhstan

FORECAST OF IRRIGATED LAND USE IN THE TALAS RIVER BASIN FOR EFFECTIVE ECONOMIC UTILIZATION

Abstract. Forecasting the efficient economic use of irrigated areas in the Talas River basin is becoming increasingly important in the context of addressing environmental, economic, social and political aspects, as well as forecast trends directly related to climate change and water resources. The purpose of this study is to develop a forecast for the use of irrigated areas in the Talas River basin to improve economic efficiency. This includes an analysis of the current state of irrigation systems and an assessment of water and soil resources. The relevance of forecasts lies in the need to model scenarios that take these factors into account for the implementation of water-saving technologies. The basin's water resources support life processes, primarily through agricultural activities. Forecasts for the use of irrigated areas provide the opportunity to improve the efficiency of economic activities, increasing profitability by 15-20% through the implementation of modern approaches. They serve as the basis for developing strategies aimed at reducing water loss, preventing soil salinization, increasing agricultural productivity and sustainability, and ensuring the region's environmental stability in the face of modern challenges.

Keywords: irrigated agriculture, water resources, water availability forecast, water-saving technologies, Talas River basin.

References

1. MGEIK. – [Electronic resource]. – Access mode: https://unece.org/sites/default/files/datastore/fileadmin/DAM/env/water/Chu-Talas/EN_ClimateProofingChuTalas_web_10Dec2018.pdf. [in Russian].
2. Address by President Kassym-Jomart Tokayev of September 8, 2025. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.zakon.kz/obshestvo/6490035-poslanie-prezidenta-tokaeva-narodu-kazakhstana-video.htm>. [in Russian].
3. Vegetation indices NDVI, Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), etc. <https://code.earthengine.google.com/17dd3620fd54566076c40f5575d4a2e8>. [in Russian].
4. Shakhova, G.A., Zhumanova, M.K. Ekonomicheskaya otsenka effektivnosti metodov orosheniya v sel'skom khozyaystve [Economic Assessment of Irrigation Methods Efficiency in Agriculture]. – Karaganda: KargU, 2020. – 162 p. [in Russian].
5. Trofimov, S.S., Mel'nikov, P.N. Pochvennye issledovaniya oroshaemykh territoriy [Soil Studies of Irrigated Lands]. – Moscow: Nauka, 2016. – 288 p. [in Russian].
6. Water Resources of the Talas River Basin. UNECE Project Report. – Geneva, 2017.
7. Otchet Shu-Talasskoy basseynovoy inspektsiyey po regulirovaniyu, okhrane i ispol'zovaniyu vodnykh resursov KROI VR MVRI RK [Report of the Chu-Talas Basin Inspection on Regulation, Protection and Use of Water Resources, KROI VR, Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan]. – Reporting period: 2024. [in Russian].
8. Agashev, Sh.Zh., Baybulatov, B.B. Ratsional'noe ispol'zovanie vodnykh resursov v oroshaemom zemledelii Kazakhstana [Rational Use of Water Resources in Irrigated Agriculture of Kazakhstan]. – Almaty: KazNAU, 2018. – 214 p. [in Russian].
9. Aliev, G.A. Melioratsiya i ispol'zovanie oroshaemykh zemel' [Land Reclamation and Use of Irrigated Lands]. – Moscow: Kolos, 2015. – 356 p. [in Russian].
10. Akhmetov, S.A., Zholdasbaev, E.K. Sovremennyye tekhnologii vodopol'zovaniya v sel'skom khozyaystve Kazakhstana [Modern Water Use Technologies in Kazakhstan Agriculture]. – Nur-Sultan: Foliant, 2020. – 275 p. [in Russian].
11. Begaliev, S.B. Oroshaemoe zemledelie Kazakhstana: problemy i puti resheniya [Irrigated Agriculture of Kazakhstan: Problems and Solutions]. – Shymkent: South Kazakhstan State University, 2017. – 198 p. [in Russian].
12. Natsional'nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniya Respubliki Kazakhstan (2015–2022) [National Report on the State of Environment and Nature Management of the Republic of Kazakhstan (2015–2022)]. – Nur-Sultan: Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. [in Russian].
13. FAO. Irrigation in Central Asia in Figures. AQUASTAT Survey. – Rome: FAO, 2021.
14. IPCC. Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change Technical Paper. – Geneva, 2019.
15. Qadir, M., Noble, A.D., Karajeh, F., George, B. Potential business opportunities from saline water and salt-affected land resources. – Colombo: International Water Management Institute (IWMI), 2015.
16. United Nations Development Programme (UNDP). Sustainable Land and Water Management in Central Asia. – New York, 2020.