

ИНТЕГРАЦИЯ МАЛЫХ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ИРРИГАЦИОННУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО АГРОЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Досбаев Абдисатар Жолдошалиевич¹

¹Жалал-Абадский научный центр Южного отделения НАН КР, Жалал-Абад, Кыргызстан

Аннотация

Настоящая статья рассматривает инновационный подход к развитию ирригационной инфраструктуры Кыргызской Республики путём интеграции малых гидроэлектростанций (ГЭС). В условиях ограниченного доступа к поливной воде и неэффективного использования водных ресурсов предлагается комплексное решение, объединяющее выработку электроэнергии и обеспечение орошения сельскохозяйственных земель. Проведён анализ текущего состояния водохозяйственной системы, выявлены неиспользуемые земельные участки с высоким аграрным потенциалом, а также рассчитан гидроэнергетический потенциал малых рек. Приведены примеры пилотных проектов в южных регионах страны. Сделан вывод о значимости малых ГЭС как инструмента устойчивого агроэкономического развития. Работа подкреплена предварительными технико-экономическими оценками и рекомендациями по масштабированию решений.

Ключевые слова: малые ГЭС, ирригация, устойчивое развитие, агроэкономика, водные ресурсы

INTEGRATION OF SMALL HYDROPOWER SYSTEMS INTO THE IRRIGATION INFRASTRUCTURE OF THE KYRGYZ REPUBLIC AS A FACTOR OF SUSTAINABLE AGROECONOMIC DEVELOPMENT

Dosbaev Abdisatar Zholdoshalievich¹

¹Jalal-Abad Scientific Center of the Southern Branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Jalal-Abad, Kyrgyzstan

Abstract

This article explores an innovative approach to the development of the irrigation infrastructure in the Kyrgyz Republic through the integration of small hydropower plants (SHPs). In the context of limited access to irrigation water and inefficient resource management, a comprehensive solution is proposed that combines electricity generation with agricultural irrigation. The current state of the water management system is analyzed, unused land areas with high agricultural potential are identified, and the hydropower potential of small rivers is estimated. Pilot projects in the southern regions of the country are presented as case studies. The paper highlights the role of SHPs as a strategic tool for sustainable agro-economic development. Preliminary techno-economic assessments and scaling recommendations are included.

Keywords: small hydropower, irrigation, sustainable development, agro-economy, water resources, Kyrgyz Republic

© 2025. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Введение

Развитие ирригационной инфраструктуры остаётся одной из ключевых задач устойчивого экономического роста в аграрно ориентированных странах, включая Кыргызскую Республику. Более 65 % населения страны проживает в сельской местности и зависит от производства сельскохозяйственной продукции [1]. В условиях дефицита воды и высокогорного рельефа обеспечение стабильного водоснабжения становится критическим фактором продовольственной и энергетической безопасности.

Несмотря на существование обширной сети водохозяйственных объектов — 5,5 млн км каналов, 33 водохранилища, 107 насосных станций — значительная часть потенциально пригодных для орошения земель остаётся неиспользуемой [2]. Основные причины — изношенность инфраструктуры, высокие затраты на подачу воды и отсутствие дешёвых источников энергии.

Современные тенденции в агроинженерии и ресурсосбережении предполагают переход к комбинированным системам водоснабжения и энергетики. Одним из таких решений является использование энергии малых водотоков для работы локальных гидроэлектростанций, которые одновременно обеспечивают подачу воды на поля и генерируют электроэнергию [3]. Подобные подходы доказали свою эффективность в Турции, Иране и Китае, особенно в условиях гористой местности [4].

Институт «Энергоресурсы и геоэкология» провёл ряд изысканий в южных регионах Кыргызстана, подтвердивших перспективность внедрения малых ГЭС в ирригационную сеть [5]. Такие установки обладают высоким уровнем энергоэффективности, минимальным экологическим воздействием и возможностью автономной эксплуатации в удалённых районах.

Цель исследования — оценка потенциала интеграции малых гидроэнергетических систем в ирригационную инфраструктуру южных регионов Кыргызской Республики и обоснование их роли как инструмента устойчивого агроэкономического развития.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели — интеграции малых гидроэнергетических систем в ирригационную инфраструктуру южных регионов Кыргызской Республики — был применён комплексный подход, сочетающий геоинформационный анализ, гидрологическое моделирование, технико-экономическую оценку и полевую верификацию. Особое внимание уделено адаптации методов к условиям горного рельефа, нестабильного стока и ограниченной инфраструктурной доступности. В качестве пилотных площадок отобраны водотоки с потенциальной энергетической ценностью, прилегающие к необрабатываемым, но пригодным для полива землям. Ниже представлены исходные данные и применённые методики оценки.

1. Источники и база данных

Для обоснования технической реализуемости интеграции малых гидроэлектростанций (ГЭС) в систему орошения использованы следующие источники:

- данные Департамента водного хозяйства при Министерстве сельского хозяйства Кыргызской Республики о протяжённости каналов, числе насосных станций и состоянии ирригационной инфраструктуры [2];
- цифровая модель рельефа SRTM (30 м), обработанная в среде QGIS 3.34 [6];

- метеоданные по водному балансу и модулям стока с 2010 по 2023 гг., предоставленные Кыргызгидрометом [7];
- полевые обследования и технико-экономические материалы Института «Энергоресурсы и геоэкология» [5].

2. Геоинформационное моделирование

С применением ГИС-модулей была проведена пространственная привязка и векторизация данных по участкам в Баткенской, Ошской и Джалал-Абадской областях. Для оценки водосборных площадей и расчета уклонов русел использовались функции Raster Terrain Analysis, Watershed Delineation и Slope Profile Generator. Картографическая верификация проведена по спутниковым изображениям Sentinel-2.

Критерии выбора пилотных участков:

- наличие постоянного водотока (дебит $> 0.5 \text{ м}^3/\text{с}$ в летний период);
- перепад высот на участке не менее 5 м на 100 м русла;
- близость к необрабатываемым, но пригодным для полива землям (до 5 км);
- доступ к инженерной инфраструктуре (дороги, электролинии, оросительные каналы);
- экологическая устойчивость (минимальное вмешательство в природный рельеф).

3. Расчёты гидропотенциала и параметров ГЭС

Гидрологический анализ проводился по формуле:

$$Q = q \cdot FQ$$

где:

Q — средний годовой расход ($\text{м}^3/\text{с}$),

q — модуль стока ($\text{л}/\text{с} \cdot \text{км}^2$),

F — площадь водосбора (км^2) [7].

Мощность малых ГЭС рассчитывалась по формуле:

$$P = 9.81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta$$

где:

P — мощность (Вт),

H — напор (м),

η — коэффициент полезного действия (0.7 - 0.85) [4].

Пример: для р. Таш-Көпүрө, при $Q = 2.0 \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 25 \text{ м}$, $\eta = 0.75 \rightarrow P \approx 368 \text{ кВт}$.

4. Расчёт ирригационного потенциала

Норма подачи воды на 1 га — 8000–10000 $\text{м}^3/\text{сезон}$ [3]. Годовой объём подачи от станции:

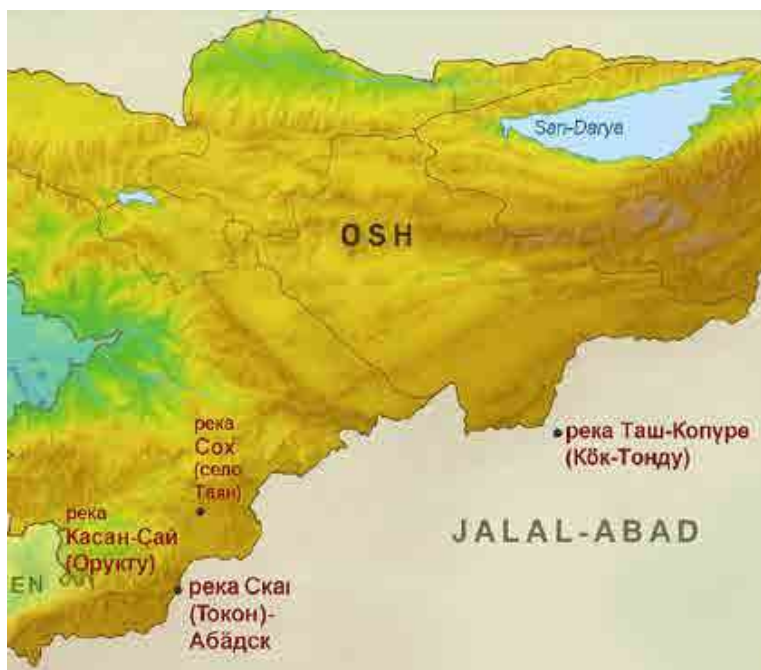
$$V = Q \cdot 86400 \cdot T$$

Орошаемая площадь:

$$S = VN = Q \cdot 86400 \cdot TN$$

Пример: $Q = 1.5 \text{ м}^3/\text{с}$, $T = 200$, $N = 9000 \rightarrow S \approx 288 \text{ га}$

Суммарный потенциал четырёх участков (Сох, Узун-Акмат, Касан-Сай, Таш-Көпүрө) оценивается в 1300–1500 га при автономной работе станций.



• Рисунок 1. Схематичная карта пилотных участков для малых ГЭС в южных регионах Кыргызской Республики

Описание:

На карте представлены предполагаемые участки строительства малых гидроэлектростанций (ГЭС) в южных регионах Кыргызской Республики. Указаны следующие локации:

Река Сох (село Таян, Баткенская область) — участок «Теке-Секирик» с высоким потенциалом для водоподъёма и возможностью создания водохранилища;

Река Касан-Сай (Орукту, Джалал-Абадская область) — вблизи границы с Узбекистаном, потенциальный источник водоснабжения для 3500 га земель;

Река Узун-Акмат (Токтогульский район, Ошская область) — ранее действовавшая насосная станция с высоким уровнем заброшенности;

Река Таш-Көпүрө (Көк-Тонду, Джалал-Абадская область) — участок с благоприятной геоморфологией для быстрого строительства плотины без деривационного канала.

Назначение карты:

Карта служит визуализацией потенциальных направлений развития малой гидроэнергетики в контексте устойчивого водоснабжения аграрных территорий и может быть использована при формировании региональных инвестиционных программ и ТЭО проектов.

Результаты и обсуждение

Результаты комплексного анализа показали, что южные регионы Кыргызской Республики обладают значительным, но недоиспользуемым потенциалом для развития ирригации с применением локальных гидроэнергетических решений. В процессе моделирования были отобраны четыре пилотных участка, удовлетворяющих

гидрологическим, энергетическим и агротехническим критериям: р. Сох, р. Узун-Акмат, р. Касан-Сай и р. Таш-Көпүрө.

1. Характеристика пилотных участков

– Река Сох (село Таян, Баткенская область)

Участок «Теке-Секирик» имеет стабильный летний расход порядка $0.9 \text{ м}^3/\text{с}$ и перепад высот 11–12 м. Потенциальная мощность ГЭС — до 87 кВт при КПД 0.8. Орошаемая площадь оценивается в 170–200 га. Экологически чувствительная зона — важно сохранить русло и не допустить перегрузки потока. Площадка пригодна для устройства верхнего накопительного бассейна.

– Река Узун-Акмат (Токтогульский район, Ошская область)

Наблюдаемый расход — $0.7 \text{ м}^3/\text{с}$, напор — 12 м, мощность — около 82 кВт. Ранее здесь функционировала насосная станция, выведенная из строя из-за стоимости энергии и износа оборудования [5]. Предлагаемая ГЭС может возобновить подачу воды на 150–180 га, в том числе на заброшенные пастбища.

– Река Касан-Сай (Орукту, Джалал-Абадская область)

Несмотря на то что река впадает в водохранилище «Касансай» в Узбекистане, более 3500 га на кыргызской стороне остаются без полива. При расходе $1.5 \text{ м}^3/\text{с}$ и напоре 10 м можно генерировать до 132 кВт. Инфраструктурное преимущество — близость к сельскохозяйственным угодьям и существующим каналам [5].

– Река Таш-Көпүрө (Көк-Тонду, Джалал-Абадская область)

Самый перспективный участок. Расход — до $2.0 \text{ м}^3/\text{с}$, проектируемый напор — 25 м. Мощность установки — до 368 кВт. Планируется строительство плотины и каскада из 2–3 малых ГЭС. Потенциальное орошение — более 600 га. Возможна организация водохранилища для летнего накопления.

2. Инфраструктурный и экологический эффект

Интеграция малых ГЭС в ирригационную сеть способствует:

- энергонезависимости фермерских хозяйств;
- снижению затрат на водоподачу (на 30–45 % по сравнению с централизованной электроэнергией) [3];
- экологическому эффекту: сокращение вырубки лесов для отопления, снижение эрозии, сохранение биологических коридоров [4];
- мультипликативному эффекту: развитие животноводства, рыбного хозяйства, занятости и агрокооперации.

3. Перспективы масштабирования

Аналогичные решения могут быть масштабированы на другие водотоки в регионах Нарын, Ат-Башы и Чаткал, где наблюдается схожая топография. Также предложена концепция модульных ГЭС, адаптируемых под различные условия по принципу «plug & irrigate».

Заключение

Проведённое исследование подтвердило высокий потенциал применения малых гидроэлектростанций для решения проблем водоснабжения в сельскохозяйственном секторе южных регионов Кыргызской Республики. Интеграция локальных источников энергии в ирригационную инфраструктуру обеспечивает снижение эксплуатационных затрат, энергетическую автономность и устойчивое развитие аграрных территорий. Представленные расчёты и картографический анализ демонстрируют реализуемость и масштабируемость предлагаемых решений. Полученные результаты могут быть использованы при разработке региональных программ водно-энергетического развития и инвестиционных проектов. Внедрение подобных моделей позволит не только повысить продуктивность сельского хозяйства, но и укрепить экологическую устойчивость региона.

Список литературы

1. FAO. Irrigation in Central Asia: Challenges and Prospects. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2020.
2. Министерство сельского хозяйства КР. Государственный водохозяйственный реестр: аналитический отчёт. Бишкек; 2023.
3. Джумаев Т., Мырзаев У. Перспективы использования малых ГЭС для аграрных нужд. // Энергетика Кыргызстана. 2021; №2: 12–18.
4. Karakaya E., Yilmaz A. Feasibility of small-scale hydroelectric energy for irrigation in mountainous regions. Renewable Energy. 2021; 169:45–52. doi:10.1016/j.renene.2020.12.037.
5. Институт «Энергоресурсы и геоэкология». Техничко-гидрологический отчёт по южным регионам КР. Жалал-Абад; 2022.
6. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. URL: <https://www.qgis.org>.
7. Кыргызгидромет. Сборник климатических данных по южным регионам Кыргызской Республики. Бишкек; 2022.

Received / Получено 06.07.2025
Revised / Пересмотрено 16.07.2025
Accepted / Принято 14.08.2025