



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В АКВАКУЛЬТУРНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ КАРАКАЛПАКСТАНА

Кереев Ерлан Сакенулы

Магистрант Каракалпакского института
сельского хозяйства и агротехнологий.
Специальность: 70410901- Бизнес управление
(Master of Business Administration — MBA)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.19691576>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 18-aprel 2026 yil
Ma'qullandi: 20- aprel 2026 yil
Nashr qilindi: 22- aprel 2026 yil

KEY WORDS

солнечная энергетика,
рыбоводство, агровольтаика,
Каракалпакстан, Приаралье,
возобновляемые источники
энергии, экономическая
эффективность.

ABSTRACT

В статье рассматривается возможность интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы в условиях Каракалпакстана как части Приаральского региона. На основе анализа международного опыта, включая практику совмещения рыбоводства и солнечной генерации, обоснована целесообразность применения агровольтаических решений в аграрном секторе.

В работе предложена концептуальная модель интеграции солнечных фотоэлектрических установок в рыбохозяйственные системы, учитывающая региональные особенности, включая ограниченность водных ресурсов и возможность использования коллекторно-дренажных вод. Проведена предварительная экономическая оценка, показывающая, что основной эффект достигается за счет снижения затрат на электроэнергию, а не за счет реализации избыточной генерации.

Результаты исследования свидетельствуют о высокой потенциальной эффективности предложенной модели, при этом срок окупаемости проекта может составлять 3–4 года. Дополнительное влияние на эффективность оказывают действующие механизмы государственной поддержки.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования предложенной модели для разработки инвестиционных проектов и повышения устойчивости рыбохозяйственного сектора в условиях Приаралья..

Введение

В условиях глобальной трансформации энергетических и агропродовольственных систем вопросы повышения энергоэффективности сельского хозяйства и снижения зависимости от традиционных источников энергии приобретают стратегическое значение. Агроресурс, являясь одним из ключевых потребителей энергоресурсов, одновременно остается уязвимым к росту тарифов на электроэнергию и нестабильности энергоснабжения. Международный опыт показывает, что интеграция возобновляемых источников энергии, в частности солнечной генерации, способна не только снизить операционные издержки, но и повысить устойчивость агропроизводства за счет диверсификации источников энергии и доходов.

Особую актуальность данные вопросы приобретают в условиях Приаралья, включая Республику Каракалпакстан, где экологические, экономические и инфраструктурные ограничения формируют специфическую среду для развития аграрного сектора. Регион характеризуется высоким уровнем солнечной радиации и значительным потенциалом для развития возобновляемой энергетики, при этом сельскохозяйственные предприятия, в том числе рыбохозяйственные хозяйства, функционируют в условиях ограниченного и не всегда стабильного энергоснабжения. В таких условиях энергозатраты становятся одним из ключевых факторов, определяющих экономическую эффективность производства.

Следует отметить, что в последние годы в Республике Узбекистан уделяется особое внимание вопросам устойчивого развития Приаральского региона, включая развитие сельского хозяйства, рыбоводства и внедрение современных технологических решений. Данные направления получили отражение как на национальном уровне, так и в международной повестке, включая инициативы, представленные в рамках Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций, направленные на комплексное развитие Приаралья и повышение устойчивости региональной экономики.

В данном контексте особый интерес представляет интеграция возобновляемых источников энергии в аграрное производство, в частности применение агровольтаических решений, предусматривающих совмещение сельскохозяйственной деятельности и генерации электроэнергии. Одним из наиболее показательных примеров является модель интеграции рыбоводства и солнечной генерации, реализованная в ряде стран, включая Китай. Анализ данного опыта показывает, что подобные решения обеспечивают более эффективное использование природных ресурсов, снижение операционных затрат и формирование дополнительных источников дохода.

Вместе с тем прямое заимствование зарубежных моделей без учета региональных особенностей не обеспечивает их эффективной реализации. Для условий Каракалпакстана, как части Приаральского региона, характерны специфические природно-климатические, экономические и институциональные факторы, требующие адаптации существующих решений с учетом локальной специфики, включая развитие интенсивных методов рыбоводства и ограниченность водных и энергетических ресурсов.

Целью настоящего исследования является анализ международного опыта интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы и разработка

концептуальной модели ее применения в условиях Каракалпакстана с учетом особенностей Приаральского региона. В рамках исследования предполагается определить ключевые параметры модели, оценить ее потенциальную экономическую эффективность и обосновать перспективы внедрения в региональном контексте.

Таким образом, данная работа направлена на формирование научно-обоснованных подходов к интеграции энергетических и аграрных технологий, что может способствовать повышению устойчивости рыбохозяйственного сектора, снижению издержек и развитию инновационных моделей агробизнеса в условиях Приаралья.

2. Анализ международного опыта интеграции солнечной энергетики в агропродовольственные системы.

В современных условиях перехода к устойчивым моделям развития агропродовольственных систем особое значение приобретает интеграция энергетических и сельскохозяйственных технологий. Международная практика показывает, что использование возобновляемых источников энергии в аграрном секторе позволяет не только снизить зависимость от традиционных энергоресурсов, но и повысить общую экономическую устойчивость сельскохозяйственного производства.

Согласно исследованиям, агропродовольственные системы остаются значительными потребителями энергии, при этом их функционирование в значительной степени зависит от внешних источников энергоснабжения. В этих условиях внедрение солнечной генерации рассматривается как один из наиболее эффективных инструментов повышения энергонезависимости хозяйств, снижения операционных затрат и формирования дополнительных источников дохода.

Одним из ключевых направлений развития в данной области является применение агровольтаических решений, предусматривающих совмещение сельскохозяйственной деятельности и генерации электроэнергии в рамках единой производственной системы. Данный подход обеспечивает более эффективное использование земельных ресурсов и позволяет формировать синергетический эффект за счет взаимодействия энергетических и аграрных процессов.

Наиболее показательным примером реализации данной концепции является опыт Китайской Народной Республики, где получила развитие модель интеграции рыбоводства и солнечной генерации. В рамках данной модели фотоэлектрические панели размещаются над водными поверхностями рыбных прудов, что позволяет одновременно использовать территорию для выращивания рыбы и производства электроэнергии. Такая конфигурация обеспечивает рациональное использование ресурсов и создает условия для повышения общей производственной эффективности.

С экономической точки зрения рассматриваемая модель характеризуется формированием двух взаимодополняющих потоков доходов: от рыбохозяйственной деятельности и от генерации электроэнергии. При этом часть произведенной энергии используется для обеспечения собственных производственных процессов, включая работу насосных и аэрационных систем, что позволяет существенно снизить текущие энергозатраты. Избыточная электроэнергия может быть реализована в энергосистему, формируя дополнительный источник выручки.

Помимо экономических преимуществ, интеграция солнечной генерации в рыбохозяйственные системы демонстрирует ряд важных экологических и

технологических эффектов. В частности, размещение солнечных панелей над водной поверхностью способствует снижению испарения воды, что имеет особое значение для регионов с дефицитом водных ресурсов. Кроме того, создается более стабильный микроклимат, что может положительно влиять на условия выращивания рыбы и снижать риски, связанные с температурными колебаниями.

Следует отметить, что успешная реализация подобных проектов в различных странах во многом обусловлена наличием благоприятной институциональной среды, включающей механизмы поддержки возобновляемой энергетики, инвестиционные стимулы и развитую инфраструктуру энергосетей. При этом ключевым фактором является возможность интеграции подобных решений в существующие производственные системы без существенного увеличения операционной сложности.

Обобщая международный опыт, можно выделить ряд ключевых факторов, определяющих эффективность интеграции солнечной энергетики в агропродовольственные системы: наличие устойчивого спроса на электроэнергию, доступ к инвестиционным ресурсам, соответствующие природно-климатические условия, а также институциональная поддержка. Учет данных факторов имеет принципиальное значение при адаптации рассматриваемых моделей к условиям Приаральского региона, где энергетические, экологические и экономические ограничения формируют особые требования к внедряемым решениям.

3. Теоретическая модель интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы

Интеграция солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы может рассматриваться как комплексная производственно-энергетическая модель, основанная на принципе одновременного использования одного и того же ресурса — территории водоемов — для получения двух видов продукции: рыбной продукции и электроэнергии. Данный подход соответствует концепции агровольтаики и направлен на повышение общей эффективности использования природных и производственных ресурсов.

Системно рассматриваемая модель представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, включающих рыбохозяйственное производство, солнечную фотоэлектрическую установку, инфраструктуру энергоснабжения и механизмы реализации произведенной электроэнергии. Ключевым принципом функционирования данной системы является создание синергетического эффекта, при котором интеграция энергетического компонента не только не снижает эффективность рыбоводства, но и способствует его оптимизации.

С технологической точки зрения модель предполагает размещение фотоэлектрических панелей над водной поверхностью рыбных прудов на специально оборудованных конструкциях. При этом сохраняется возможность полноценного функционирования рыбохозяйственной деятельности, включая процессы кормления, аэрации и контроля качества воды. Одновременно осуществляется генерация электроэнергии, которая может быть использована как для собственных нужд хозяйства, так и для передачи в энергосистему.

Экономическая логика модели базируется на формировании двух взаимодополняющих потоков денежных средств. Первый поток связан с основной деятельностью хозяйства — производством и реализацией рыбы. Второй поток формируется за счет генерации электроэнергии, которая либо замещает потребление энергии из внешних источников, снижая текущие расходы, либо реализуется в сеть, создавая дополнительную выручку. Таким образом, происходит диверсификация доходов и снижение зависимости хозяйства от одного источника выручки.

С точки зрения затрат структура модели включает капитальные вложения, связанные с приобретением и установкой фотоэлектрических систем, а также операционные расходы на их обслуживание. При этом важным фактором является то, что внедрение солнечной генерации позволяет снизить переменные затраты на электроэнергию, которые являются значимой статьёй расходов в рыбохозяйственной деятельности, особенно в условиях интенсивных технологий выращивания рыбы.

Дополнительным аспектом модели является ее экологическая и ресурсная эффективность. Размещение солнечных панелей над водной поверхностью способствует снижению испарения воды, что имеет особую значимость для регионов с ограниченными водными ресурсами, включая Приаральский регион. Кроме того, частичное затенение водоемов может способствовать стабилизации температурного режима, что потенциально улучшает условия для выращивания рыбы.

Следует отметить, что эффективность функционирования данной модели во многом определяется параметрами ее конфигурации, включая установленную мощность солнечной генерации, площадь водоемов, уровень энергопотребления хозяйства и условия подключения к энергосистеме. В этой связи важным этапом является формирование адаптированной модели, учитывающей региональные особенности и позволяющей оптимизировать соотношение между производством электроэнергии и потребностями рыбохозяйственного производства.

Таким образом, интеграция солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы может рассматриваться как перспективное направление развития агробизнеса, обеспечивающее повышение экономической устойчивости, снижение операционных затрат и более эффективное использование природных ресурсов. Представленная теоретическая модель служит основой для последующей оценки ее применимости и экономической эффективности в условиях Каракалпакстана.

Рисунок 1 – Технологическая схема интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственную систему



4. Адаптация модели интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы для условий Каракалпакстана.

Адаптация модели интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы к условиям Каракалпакстана требует учета не только энергетических и экономических факторов, но и особенностей водных ресурсов региона. Каракалпакстан, являясь частью Приаральского региона, характеризуется ограниченностью пресных водных ресурсов, что оказывает существенное влияние на развитие рыбохозяйственного сектора.

В условиях дефицита воды особую актуальность приобретает использование альтернативных источников водоснабжения, в частности коллекторно-дренажных вод. Данный подход позволяет снизить нагрузку на пресные водные ресурсы и расширить возможности размещения рыбохозяйственных объектов, в том числе вдоль коллекторов и дренажных систем. Вместе с тем использование таких вод требует учета их химического состава и подбора соответствующих видов рыб, устойчивых к повышенной минерализации.

Применение коллекторно-дренажной воды обуславливает необходимость дополнительного использования насосного оборудования для подъема и циркуляции воды. Это, в свою очередь, приводит к увеличению энергопотребления хозяйства,

особенно при организации систем интенсивного выращивания рыбы. Таким образом, возникает дополнительная нагрузка на энергетическую инфраструктуру предприятия.

В данном контексте интеграция солнечной энергетики приобретает не только экономическое, но и технологическое значение. Рост энергопотребления, связанный с использованием насосного оборудования, усиливает целесообразность внедрения солнечных фотоэлектрических систем, позволяющих обеспечить автономное энергоснабжение ключевых производственных процессов. Таким образом, энергетический компонент становится неотъемлемой частью водохозяйственной модели.

С инженерной точки зрения размещение солнечных фотоэлектрических установок на водной поверхности рыбных прудов является технически реализуемым решением. Для установки мощностью порядка 150 кВт требуется площадь около 0,08–0,1 га, что составляет не более 3–5% от общей площади водоема размером 2–3 га. При этом глубина водоемов, как правило, находится в диапазоне 1,2–2,0 м, что позволяет эффективно эксплуатировать рыбохозяйственные системы без ограничений, связанных с размещением солнечных конструкций.

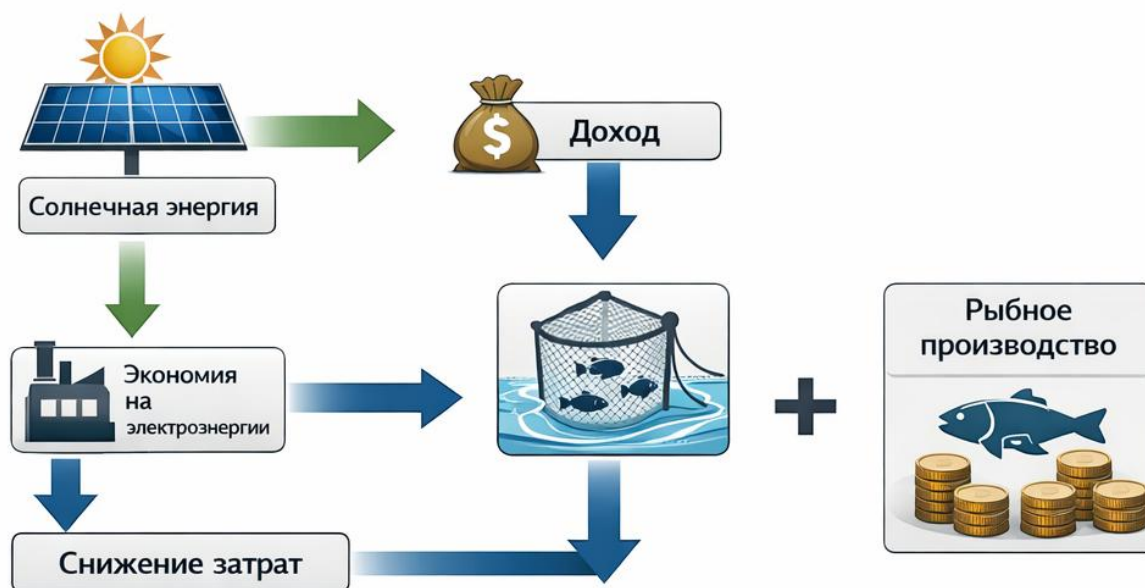
Следует учитывать, что размещение фотоэлектрических систем на воде требует дополнительных капитальных затрат, связанных с использованием плавучих конструкций, систем крепления и более сложных монтажных решений. В среднем увеличение стоимости проекта может составлять 25–40% по сравнению с наземными установками. Однако данные затраты компенсируются за счет более эффективного использования пространства, снижения испарения воды и повышения общей устойчивости системы.

Существенным фактором, повышающим экономическую эффективность рассматриваемой модели, являются действующие меры государственной поддержки. В частности, предусматривается частичная компенсация затрат на электроэнергию, используемую для работы насосного оборудования, а также налоговые льготы и стимулирующие меры в отношении внедрения возобновляемых источников энергии. Дополнительно реализуются программы поддержки интенсивного рыбоводства, направленные на повышение производительности хозяйств.

С учетом указанных факторов предлагается адаптированная модель, в рамках которой солнечная генерация используется преимущественно для обеспечения собственных потребностей хозяйства, включая работу насосов, систем аэрации и других технологических процессов, связанных с использованием коллекторно-дренажной воды. При этом возможность реализации избыточной электроэнергии рассматривается как дополнительный, но не основной источник дохода.

Таким образом, интеграция солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы с использованием коллекторно-дренажных вод формирует комплексную модель, объединяющую энергетические, водохозяйственные и производственные процессы. Данный подход позволяет одновременно решать задачи рационального использования водных ресурсов, снижения энергозатрат и повышения устойчивости рыбохозяйственного производства в условиях Приаральского региона.

Рисунок 2 – Экономическая модель функционирования интегрированной системы



6. Обсуждение результатов исследования

Проведенный анализ и предварительная экономическая оценка интеграции солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы показывают высокую потенциальную эффективность данной модели в условиях Каракалпакстана. Вместе с тем реализация подобных проектов сопряжена с рядом ограничений и факторов неопределенности, требующих дополнительного учета.

Одним из ключевых факторов является качество водных ресурсов, особенно при использовании коллекторно-дренажных вод. Повышенная минерализация и наличие примесей могут оказывать влияние на выбор видов рыб и технологию их выращивания. В этой связи необходима предварительная оценка гидрохимических параметров воды и адаптация производственных процессов к конкретным условиям.

Существенное значение имеет также уровень капитальных затрат на внедрение солнечных фотоэлектрических систем, особенно при их размещении на водной поверхности, что требует дополнительных расходов на плавучие конструкции и монтаж. Несмотря на относительно короткий срок окупаемости, инвестиционная нагрузка на начальном этапе может выступать сдерживающим фактором для широкого внедрения подобных решений.

Дополнительным аспектом является зависимость экономической эффективности проекта от тарифной политики в сфере электроэнергетики. Изменение тарифов на электроэнергию, а также условий реализации избыточной генерации может оказывать

влияние на финансовые показатели проекта. В этой связи важным является учет сценарных условий и возможных изменений в нормативно-правовой базе.

Вместе с тем следует отметить, что наличие механизмов государственной поддержки, включая субсидирование затрат на электроэнергию, налоговые льготы и программы стимулирования аграрного сектора, существенно снижает инвестиционные риски и повышает доступность внедрения рассматриваемой модели.

Таким образом, несмотря на наличие определенных ограничений, интеграция солнечной энергетики в рыбохозяйственные системы представляет собой устойчивое и перспективное направление, требующее дальнейшей проработки с учетом конкретных условий реализации проектов.

7. Заключение

В рамках настоящего исследования был проведен анализ международного опыта интеграции солнечной энергетики в агропродовольственные системы и рассмотрена возможность его адаптации к условиям Каракалпакстана как части Приаральского региона.

Результаты анализа показывают, что интеграция солнечной генерации в рыбохозяйственные системы позволяет обеспечить более эффективное использование природных ресурсов, снизить зависимость от традиционных источников энергии и сформировать дополнительные источники дохода. При этом ключевым фактором экономической эффективности является не столько реализация электроэнергии, сколько снижение затрат на собственное энергопотребление.

Предложенная концептуальная модель, учитывающая особенности региона, включая ограниченность водных ресурсов и возможность использования коллекторно-дренажных вод, демонстрирует высокую потенциальную эффективность. Проведенная предварительная экономическая оценка показывает, что срок окупаемости подобных проектов может составлять порядка 3–4 лет, что соответствует требованиям инвестиционной привлекательности в аграрном секторе.

Дополнительное влияние на эффективность модели оказывают меры государственной поддержки, направленные на развитие рыбоводства и внедрение возобновляемых источников энергии. Учет данных факторов позволяет существенно снизить инвестиционные риски и повысить доступность реализации проектов.

Практическая значимость исследования заключается в формировании научно-обоснованной модели интеграции энергетических и аграрных технологий, которая может быть использована в качестве основы для разработки инвестиционных проектов и дальнейших исследований в области устойчивого развития рыбохозяйственного сектора.

В перспективе целесообразным представляется проведение более детализированных расчетов с учетом конкретных хозяйств, а также разработка пилотных проектов, направленных на апробацию предложенной модели в реальных условиях Каракалпакстана

Список литературы:

1. IRENA (2026). Solar-powered agri-food systems: Seven success stories. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

2. IRENA (2026). Local environmental impacts and benefits of large-scale solar PV plants. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
3. Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). Energy-smart food systems: State of knowledge and opportunities. Rome.
4. World Resources Institute (WRI). (2020). Renewable energy in agriculture: Opportunities and challenges.
5. International Energy Agency (IEA). (2022). Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027. Paris.
6. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-83 от 13.01.2022 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию рыбководства».
7. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 342 от 15.06.2022.
8. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-57 от 16.02.2023.
9. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан № 204 от 16.04.2024.
10. Аналитические материалы по тарифной политике в электроэнергетике Республики Узбекистан (официальные источники).



INNOVATIVE
ACADEMY