

## КРУГЛЫЙ СТОЛ

# Развитие малой гидроэнергетики в Кыргызстане: предпринятые первые шаги

г. Бишкек, 4 февраля 2025 г.

## Результаты предварительного технико-экономического обоснования для Малой ГЭС Каракол-1

Нугзар Хаиндрава

Руководитель рабочего направления,  
эксперт по финансированию ВИЭ, SECCA

# Цель проекта

Разработка комплексного предварительного технико-экономического обоснования, в котором рассматриваются различные варианты строительства малой гидроэлектростанции «Каракол-1», расположенной в Ак-Суйском районе Иссык-Кульской области Кыргызской Республики, и служащего ориентиром для заинтересованных сторон путем:

- Охвата всех важнейших аспектов проекта, включая:
  - **Техническую** осуществимость
  - **Экономическую** эффективность
  - **Экологическую** устойчивость
  - Соблюдение **законодательства**
- Предоставления заинтересованным сторонам практической информации и структурированной основы для принятия решений
- Внедрения передового опыта для обеспечения последовательности, качества и актуальности предварительных технико-экономических обоснований в будущем, способствуя улучшению планирования и реализации проектов в энергетическом секторе

# Содержание предварительного технико-экономического обоснования

## Contents

Executive summary.....	3
Introduction.....	7
Objective of the Study.....	9
General information about the region of the SHPP location.....	12
History of the "Karakol" Small Hydropower Plant.....	13
Condition of existing hydraulic and energy structures.....	14
Natural and technical characteristics of the project site.....	18
Location of the construction area.....	18
Hydrological characteristics of the Karakol River.....	19
Climatic Characteristics of the Construction Area.....	22
Air Temperature.....	22
Precipitation.....	23
Wind.....	24
Soil freezing.....	24
Water Regime.....	24
Standard and variability of annual discharge.....	25
Intra-Annual Flow Distribution.....	27
Maximum Water Discharge.....	28
Minimum Water Discharges.....	29
Solid Flow.....	30
Geological and Geotechnical Assessment of the Project.....	31
Description of the Lithological Structure of Construction Sites.....	31
Source data for the project.....	33
Selection of the Hydropower Plant Layout.....	33
Description of Evaluated Options.....	33
Comparative Economic Analysis of Selected Options.....	36
Justification of the design capacity (water-energy calculation for the selected alignment).....	37
Forecast and Assessment of Environmental Impact During Construction and Operation of the Proposed Activities.....	39
Assessment of Potential Emergency Situations.....	39
Assessment of the Social Impacts of the Project.....	40
Comprehensive Environmental Impact Assessment.....	40
Potential Environmental Impacts.....	41

Conclusions on the Environmental Impact Assessment.....	42
Selection of design option with development of general plans.....	43
Option 1.....	43
Option 2.....	48
Annual Electricity Generation Calculation.....	52
STRUCTURES OF THE SHPP "KARAKOL-1".....	54
Head water intake structure.....	54
Sedimentation tank of the SHPP "KARAKOL-1".....	55
Derivation channel with structures.....	57
PRESSURE BASIN WITH SHPP STRUCTURES.....	57
SHPP BUILDING.....	59
Electromechanical equipment.....	60
Mechanical equipment.....	60
Scope and specification of supply.....	61
Turbine selection.....	61
Turbine speed selection.....	62
Turbine sizing and layout.....	62
Mechanical Balance of Plant.....	69
Risks and risk mitigants of oil spillage into the river.....	71
Electrical equipment.....	72
Main Electrical Connection Diagram of the SHPP.....	78
Economic Analysis of the Karakol-1 SHPP.....	79
Objective of the economic analysis.....	79
Economic analysis.....	80
Conclusion.....	81
Capital Investment.....	81
Operational and Maintenance Costs.....	82
Revenue Generation.....	82
Economic and Social Benefits.....	82
Financial Metrics and Viability.....	83
Financial Analysis.....	83
Risk Assessment and Mitigation Strategies.....	88
Water Flow Variability.....	88
Construction Delays.....	88
Environmental Risks.....	89

Market Risks.....	89
Legal Framework.....	89
Regulatory Legal Framework for the Energy and Renewable Energy Sector.....	91
Mechanisms for Implementing Renewable Energy Projects.....	93
Tariff Policy.....	95
GO/NO-GO Decision Matrix for Small Hydropower Plant (Timeline-Based).....	96
Recommendation to take into consideration while preparing the pre feasibility studies (special attention to be paid).....	99
Survey Section.....	99
Power Justification and Hydroenergy Calculations.....	100
SHP Building.....	100
Electrical Section.....	101
Key Points for Selecting Hydro Turbines.....	101
Quality of Hydro Turbines in Electricity Generation.....	102



# Определение речного бассейна

Речной бассейн для предлагаемого проекта был выбран при поддержке Фонда зеленой энергетики Кыргызстана, что обеспечивает соответствие приоритетам устойчивой энергетики.

Первоначальная Малая гидроэлектростанция (МГЭС) «Каракол» была введена в эксплуатацию в 1948 году и функционировала до 1970 года, демонстрируя пригодность этого места для выработки гидроэнергии по опыту прошлых лет.

## Стратегическое расположение:

- Расположена в 1 километре от областного центра города Каракол
- Удобный доступ по асфальтированной дороге, которая также соединяется с городским горнолыжным курортом
- Близость к инфраструктуре снижает логистические трудности и повышает осуществимость проекта

Данная площадка обеспечивает оптимальное сочетание доступности, оправданности, с точки зрения опыта прошлых лет, а также природных ресурсов для успешного развития новой МГЭС «Каракол-1»

# Посещение объекта

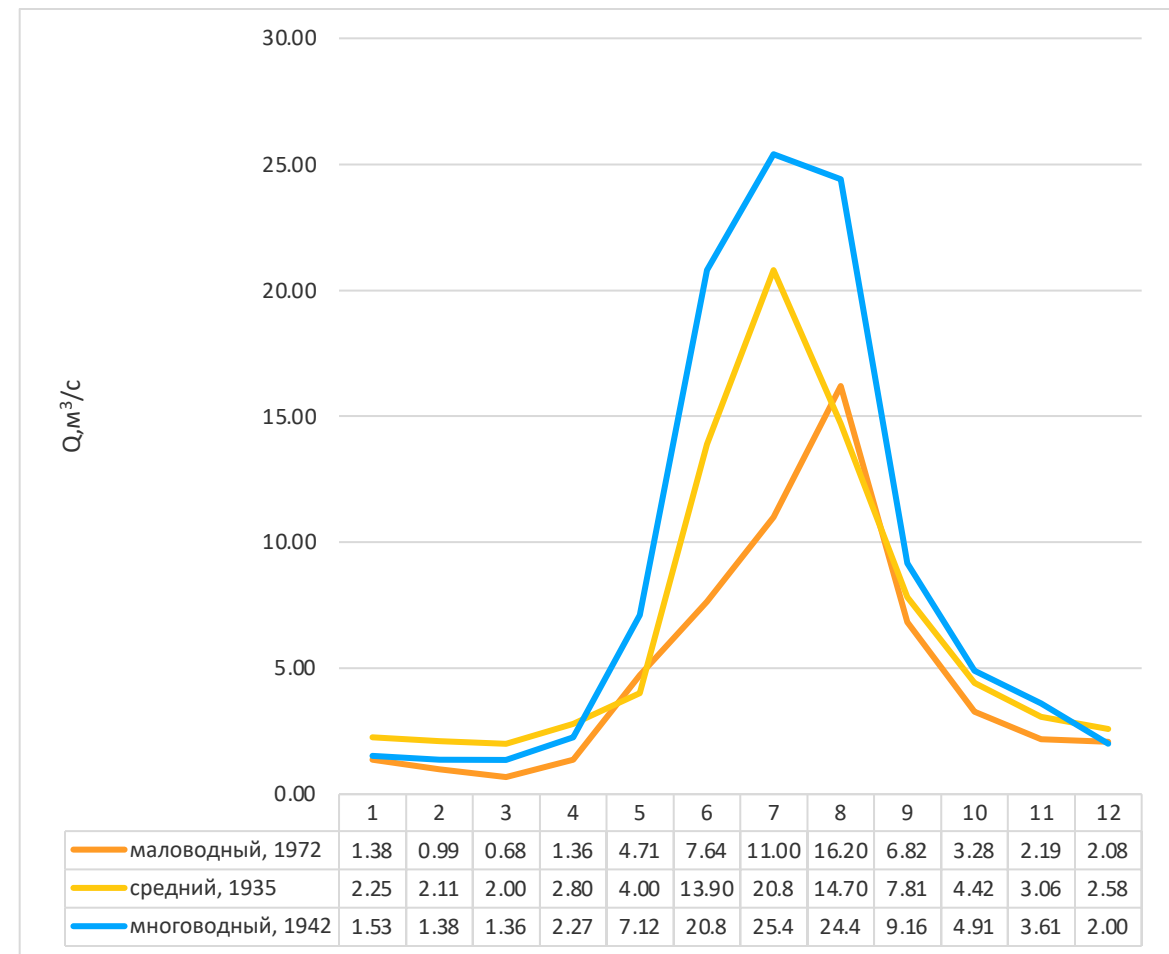
Эксперты проекта SECCA и представитель Фонда зеленой энергетики Кыргызстана посетили проектную площадку Малой гидроэлектростанции (МГЭС) «Каракол-1»



# Водный режим

Среднемесячные сбросы реки Каракол в устье в период межени составляют от 4,42 до 2,0 м<sup>3</sup>/с, а в период половодья – от 2,8 до 20,8 м<sup>3</sup>/с в среднем за год

За период наблюдений с 1932 по 1992 год наибольший годовой сброс был зафиксирован в 1942 году ( $Q_0 = 8,66 \text{ м}^3/\text{с}$ ), а наименьший – в 1947 году ( $Q_0 = 4,86 \text{ м}^3/\text{с}$ )



# Вариант 1 – Строительство МГЭС на основе ранее построенной схемы

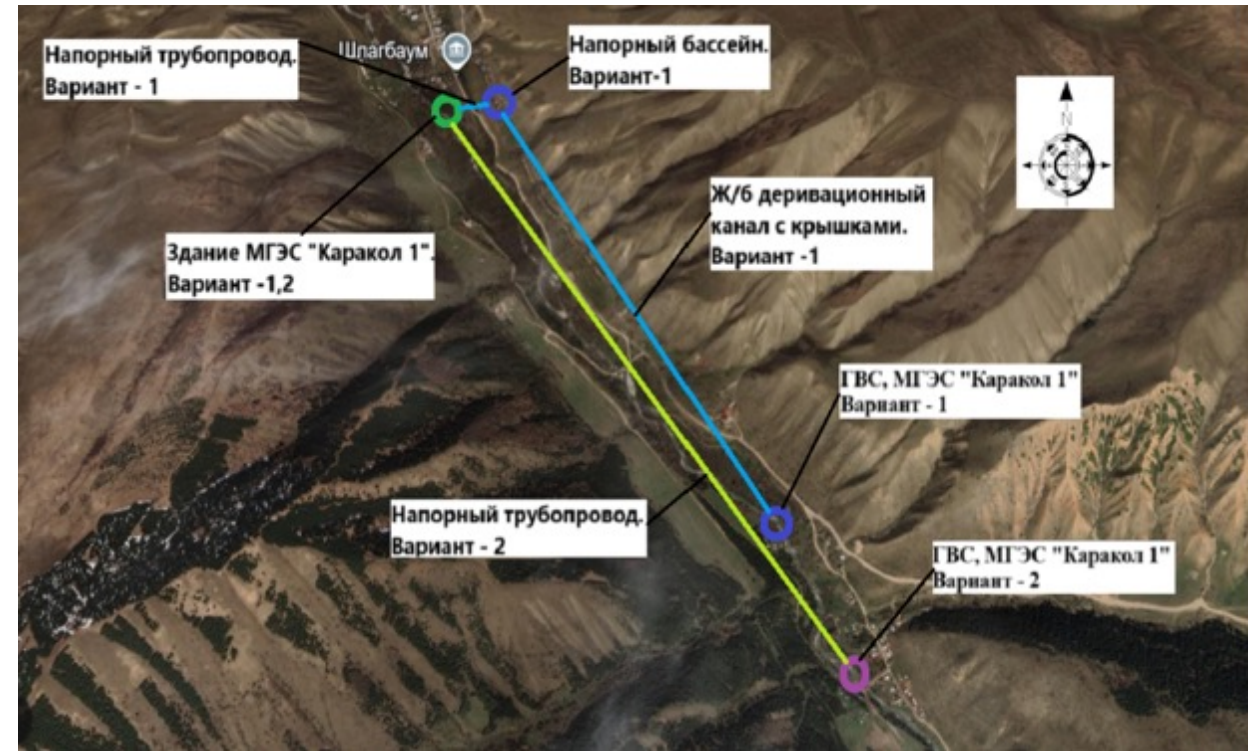
Этот вариант предполагает использование водозабора из реки Каракол. Существующее водозаборное сооружение будет восстановлено и при необходимости реконструировано (подробный план восстановления будет представлен на последующих этапах проектирования МГЭС).

Подача воды будет осуществляться по маршруту ранее существовавшего деривационного канала со следующими изменениями:

- Расход воды по каналу: 4,4 м<sup>3</sup>/с
- Живое сечение: прямоугольное
- Покрытие канала: закрывается крышками
- Материал канала: железобетон
- На новом месте будет построен совершенно новый напорный бассейн, а также напорный трубопровод диаметром 1400 мм
- Здание МГЭС также будет новым, с размерами, позволяющими разместить в нем все оборудование
- Для сброса воды из гидроагрегатов обратно в реку Каракол будет предусмотрен водовыпускной канал

Данный вариант МГЭС имеет следующие технические характеристики:

- Установленная мощность: 2109 кВт.
- Расчетный напор: 57,5 м.
- Расход воды: 4,4 м<sup>3</sup>/с.
- Количество гидроагрегатов: 2.



# Вариант 2 – Строительство МГЭС на новом месте

Этот вариант предусматривает строительство МГЭС на новом месте с водозабором из реки Каракол. Водозабор будет расположен выше по течению от существующего водозабора.

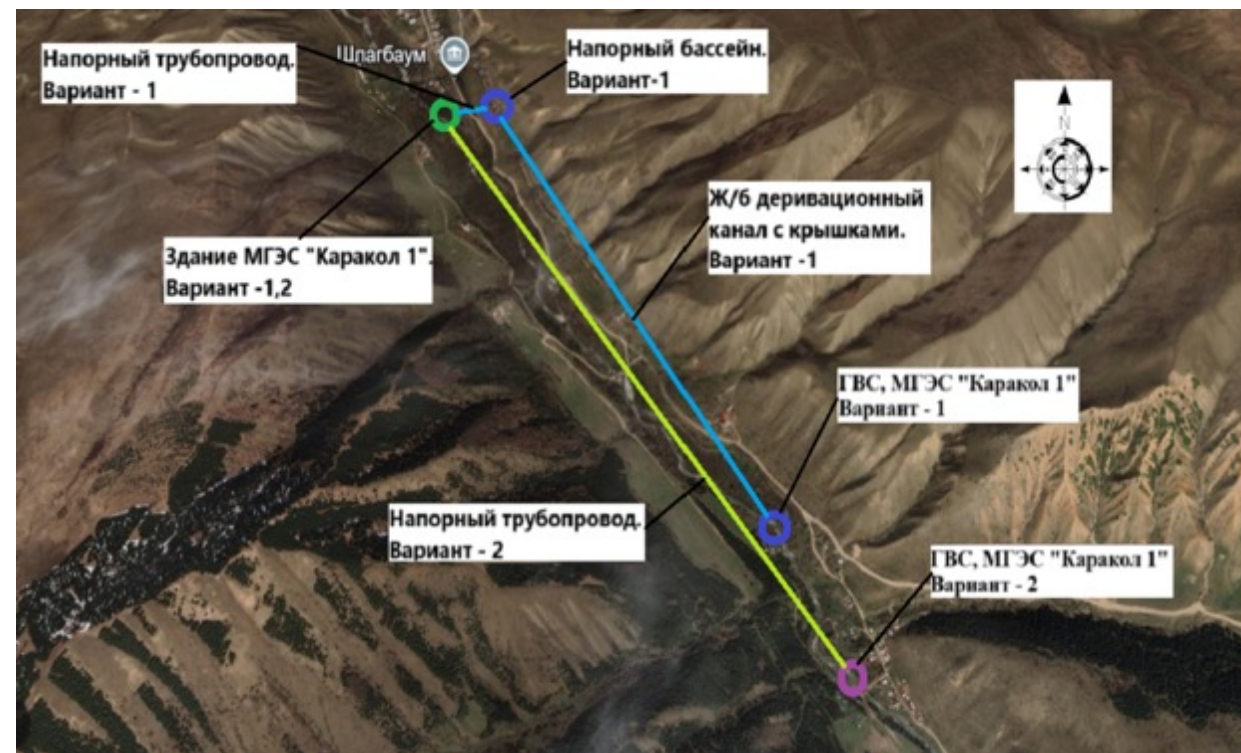
Этот вариант включает в себя строительство нового водозаборного сооружения и установку напорного трубопровода для отвода воды, рассчитанного на расход до 4,4 м<sup>3</sup>/с.

Здание МГЭС будет новым, с размерами, позволяющими разместить в нем все оборудование.

Для сброса воды из гидроагрегатов обратно в реку Каракол будет предусмотрен водовыпускной канал.

**Этот вариант МГЭС имеет следующие технические характеристики:**

- Установленная мощность: 2388 кВт.
- Расчетный напор: 65,1 м.
- Расход воды: 4,4 м<sup>3</sup>/с.
- Количество гидроагрегатов: 2.





# Сравнение варианта 1 и варианта 2

## Расчет годового производства электроэнергии

Таблица 1: Определение годового производства энергии (вариант 1)

Месяц	Янв	Февр	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
Мвт-ч/мес.	547	491	485	873	1519	1519	1519	1519	1519	820	550	426

Общее годовое производство: 11 786 МВт-ч/год

Таблица 2: Определение годового производства энергии (вариант 2)

Месяц	Янв	Февр	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
Мвт-ч/мес.	619	556	549	989	1720	1720	1720	1720	1720	929	623	482

Общее годовое производство: 13 344 МВт-ч/год

## Общая сметная стоимость без учета электромеханического оборудования

- **Вариант 1 Общая сметная стоимость:**  
119 470,419 тыс. сом
- **Вариант 2 Общая сметная стоимость:**  
214 914,664 тыс. сом

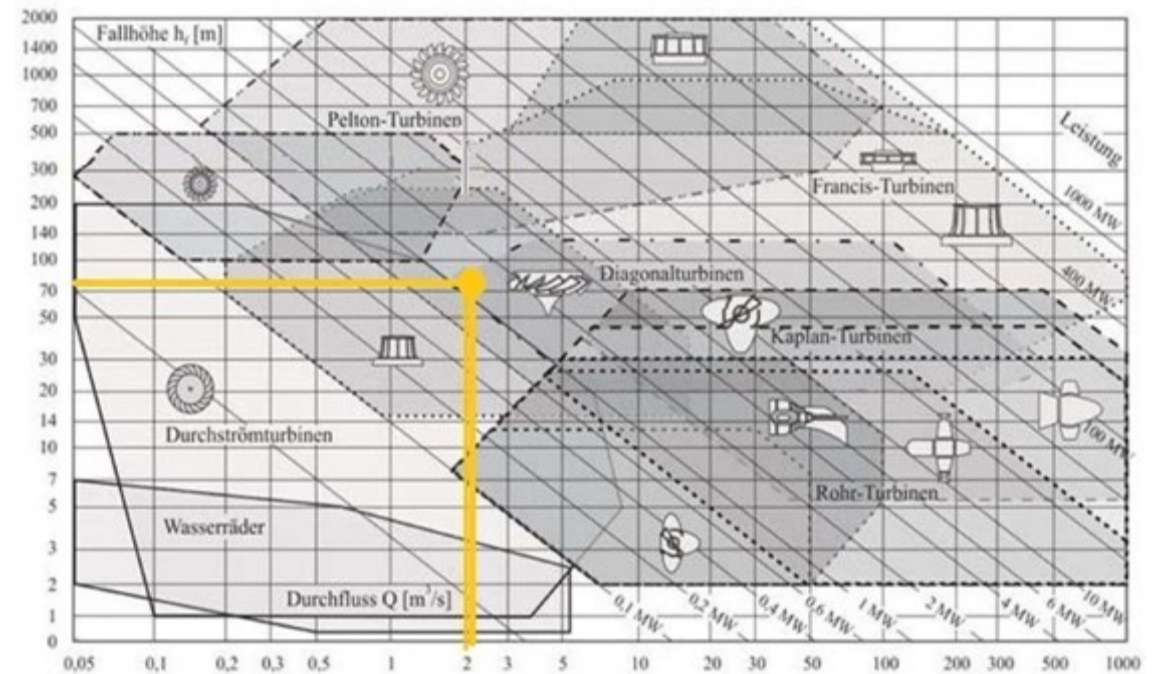
# Электромеханическое оборудование

Выбор типа турбины обусловлен такими аспектами, как условия эксплуатации, стоимость турбины и строительных работ, удобство обслуживания изношенных компонентов или транспортировки.

Области применения различных типов турбин показаны на следующей схеме. Для данного проекта будет выбрана радиально-осевая турбина.

Качество гидротурбин имеет решающее значение для эффективной и надежной выработки электроэнергии. Преимущества высококачественных турбин можно резюмировать следующим образом:

- Высокая эффективность
- Стабильная выходная мощность
- Снижение затрат на техническое обслуживание:
- Долговечность и прочность
- Гибкость технологических параметров
- Безопасность и надежность



# Выводы по оценке воздействия на окружающую среду

Комплексная оценка воздействия предлагаемых мероприятий на окружающую среду позволила сделать следующие выводы:

## Исходные условия окружающей среды:

Площадка, отведенная под строительство малой гидроэлектростанции (МГЭС), расположена на достаточном удалении от промышленных объектов, вне зон их экологического влияния. В результате существующие условия окружающей среды на площадке можно считать естественными, а уровни загрязняющих веществ в природных компонентах отражают фоновые концентрации.

## Воздействие в период строительства:

Строительные работы на МГЭС окажут краткосрочное воздействие, ограниченное продолжительностью этапа строительства. Ожидается умеренное воздействие на биологические ресурсы, в основном из-за удаления зеленой растительности, включая некоторые деревья.

Незначительное воздействие ожидается на все остальные компоненты окружающей среды, причем изменения будут настолько незначительными, что они трудно поддаются количественной оценке.

## Отсутствие охраняемых территорий:

Строительная площадка не пересекается с какими-либо особо охраняемыми природными территориями, имеющими экологическое, научное, культурное, эстетическое, рекреационное или медицинское значение.

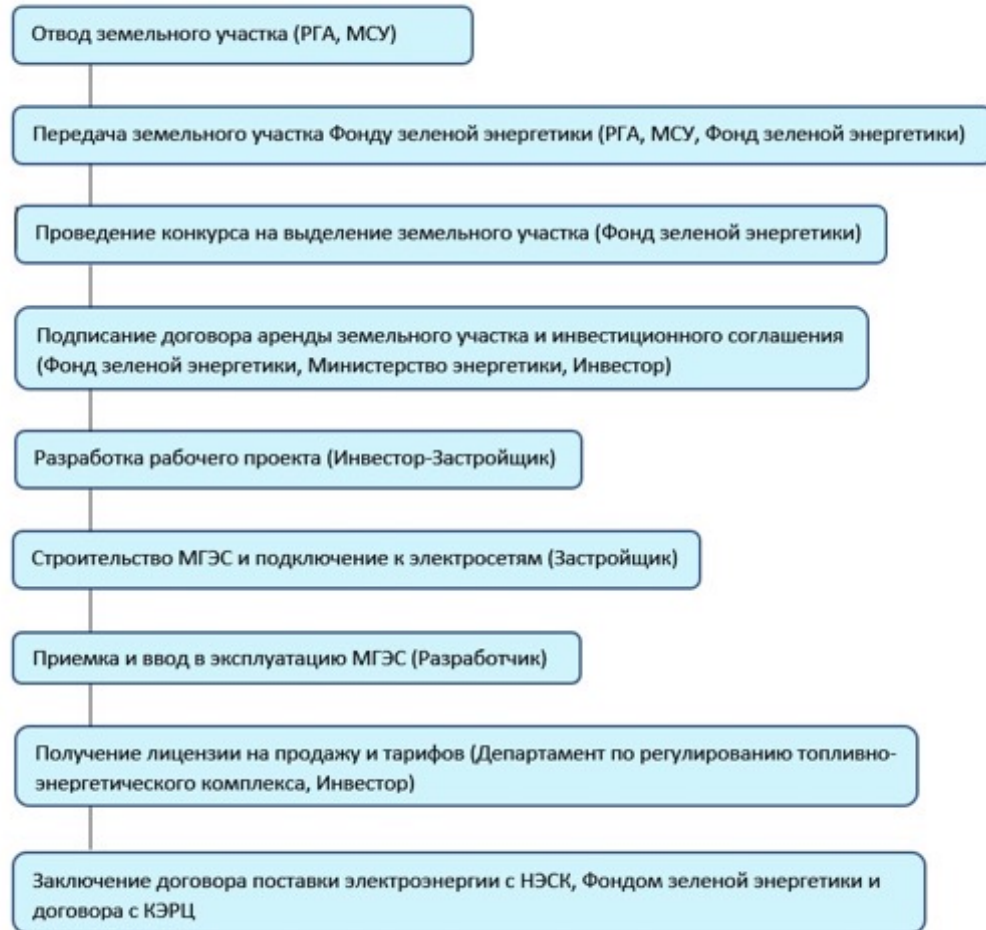
# Механизмы реализации проектов в области возобновляемых источников энергии

Этапы реализации проекта в области использования возобновляемых источников энергии в соответствии с Положением о порядке передачи земель, находящихся в ведении уполномоченного учреждения в сфере возобновляемых источников энергии, под строительство объектов возобновляемых источников энергии (Фонд зеленой энергетики) (Постановление Кабинета Министров № 429, 28 августа 2023 г.)

## Тарифы

Тип возобновляемого источника энергии	Базовый тариф, COM/кВтч	Коэффициент	Тариф на возобновляемую энергию, COM/кВтч	Тариф на возобновляемую энергию, \$/кВтч
Все виды возобновляемых источников энергии	3.4	1.3	4.42	0.05
Инвестиционное соглашение или соглашение о ГЧП	Устанавливается индивидуально для каждого проекта			

## Этапы реализации проекта по использованию возобновляемых источников энергии



# Финансовый анализ

## Строительство

Чистые капитальные затраты	\$	3 683 291
Прочие расходы	\$	277 242
<b>Общая сумма инвестиций</b>	<b>\$</b>	<b>3 960 533</b>
<i>Общая сумма инвестиций на МВт</i>	<i>\$</i>	<i>1 650 222</i>

## Производство

Нижняя граница доверительного интервала для	<b>P50</b>
Мощность (МВтф)	<b>2,4 МВт</b>
Коэффициент использования установленной мощности	<b>56,06%</b>
Скорость ухудшения рабочих характеристик в длит. перспек.	<b>0,00%</b>
Годовое чистое производство (кВт-ч)	11 785 700 кВт-ч

## Контракт на разницу цен (CFD)

Переключатель CFD	<b>ВКЛ</b>
Тариф	<b>5,10 центов</b>
Увеличение г/г	<b>1,50%</b>

## Структура капитала

Акционерный капитал	\$	1 584 213	<b>40,00%</b>
Задолженность	\$	2 376 320	60,00%
<b>Общий объем финансирования</b>	<b>\$</b>	<b>3 960 533</b>	<b>100,00%</b>

## Финансирование

Срок	<b>17,00 лет</b>
Число платежей в год	<b>4,00</b>
Процент <b>DC</b>	<b>11,00%</b>
Процент <b>DO</b>	<b>10,50%</b>
<b>Переключатель финансирования резервного счёта обслуживания долга</b>	<b>ВКЛ</b>
Резервный счёт обслуживания долга, месяцев	<b>6,00 Мес.</b>
Комиссия за предоставление кредита (разовый комиссионный сбор)	<b>0,50%</b>
Способ финансирования	<b>Пропорционально</b>

## Внутренняя норма доходности (IRR)

**IRR проекта** - 12,60%: этот показатель отражает общую рентабельность проекта с учетом всех инвестиций, включая как доленое, так и долговое финансирование. Он указывает на ожидаемую норму прибыли на весь инвестированный капитал.

**IRR акционерного капитала** - 14,91%: этот показатель отражает доходность именно на долю акционерного капитала в инвестициях. Более высокий IRR акционерного капитала демонстрирует потенциальную привлекательность проекта для инвесторов в акционерный капитал.

## Срок окупаемости проекта

**Срок окупаемости проекта** - 9,44 года: это время, необходимое для возврата всех инвестиций за счет доходов от проекта. Он отражает финансовую устойчивость проекта на протяжении всего срока его реализации.

**Срок окупаемости акционерного капитала** - 10,00 лет: это время, необходимое для возврата части инвестиций в акционерный капитал с учетом распределения доходов и погашения долга.

# Финансовый анализ

## Чистая приведенная стоимость (NPV)

**NPV проекта** – 571 037 долларов США: NPV представляет собой приведенную стоимость чистых денежных потоков проекта, дисконтированных по стоимости капитала. Положительная NPV указывает на то, что проект финансово жизнеспособен и, как ожидается, принесет прибыль, превышающую стоимость инвестиций.

**NPV акционерного капитала** – 401 129 долларов США: отражает стоимость, созданную для инвесторов в акционерный капитал после учета затрат на финансирование. Положительное значение говорит о том, что проект обеспечит удовлетворительный доход для акционеров.

## Нормированная стоимость энергии (LCOE)

**Нормированная стоимость энергии (LCOE)** (5,13 центов США для проекта, 5,21 центов США для акционерного капитала): нормированная стоимость энергии представляет собой среднюю стоимость производства электроэнергии в течение всего срока службы проекта. Она включает в себя все капитальные, эксплуатационные и ремонтные расходы. Конкурентоспособная нормированная стоимость энергии указывает на эффективность проекта в производстве энергии по стоимости, которая поддерживает финансовую жизнеспособность и конкурентоспособность на энергетическом рынке.

## Заключение

Представленные финансовые показатели свидетельствуют о жизнеспособности проекта:

- Значения IRR свидетельствуют о том, что как проект в целом, так и инвестиции в акционерный капитал обеспечивают привлекательную доходность
- Положительные показатели NPV указывают на получение прибыли как от общих инвестиций, так и от вложений в акционерный капитал
- Показатель LCOE демонстрирует конкурентоспособность затрат на производство энергии, что делает проект финансово устойчивым
- Эти результаты обеспечивают прочную основу для дальнейшего развития и инвестирования в проект Каракольской МГЭС

# Ключевые инструменты и рекомендации, включенные в исследование

- **Матрица принятия решений о продолжении или прекращении проекта:** инструмент принятия решений на основе временной шкалы, специально разработанный для Каракольской ГЭС. Эта матрица также может служить ценной концептуальной схемой для оценки осуществимости других гидроэнергетических проектов.
- **Экспертные рекомендации и руководства:** отчет включает в себя подробный раздел, освещающий важнейшие аспекты подготовки предварительных технико-экономических обоснований. В нем содержатся рекомендации экспертов и передовой опыт для повышения качества и актуальности оценки проектов.
- **Финансовая модель с руководством пользователя:** В комплект входит надежная финансовая модель, предназначенная для оценки экономической целесообразности проекта. Сопровождаемая исчерпывающим руководством пользователя, она позволяет заинтересованным сторонам адаптировать и применять модель к аналогичным проектам малой гидроэнергетики для проведения эффективного финансового анализа.



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**