

Д.Т. ЮСУПОВ, PhD (НИИВИЭ)  
У.И. МИРЗАЛИЕВ, м.н.с. (НИИВИЭ)  
г. Ташкент

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МАЛЫХ ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ В ЭНЕРГЕТИКУ УЗБЕКИСТАНА

**Аннотация:** На фоне увеличения доли возобновляемых источников энергии и выявленного дефицита регулирующих мощностей в энергетической инфраструктуре Узбекистана, гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) позиционируются как перспективный инструмент для обеспечения устойчивости и надежности электроснабжения.

Целью настоящего исследования является анализ технико-экономических, экологических и географических факторов, связанных с имплементацией ГАЭС в специфических климатических условиях Узбекистана, характеризующихся преобладанием аридных зон.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что внедрение ГАЭС с установленной мощностью в диапазоне 400-800 МВт и коэффициентом полезного действия 72-85% позволит достичь сокращения выбросов CO<sub>2</sub> на 12 миллионов тонн к 2035 году, а также обеспечит ежегодную экономию природного газа в объеме до 1,6 миллиарда кубометров. Полученные данные подтверждают обоснованность включения ГАЭС в национальную энергетическую стратегию в качестве значимого компонента перехода к низкоуглеродной энергетической парадигме.

**Ключевые слова:** гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС), накопление энергии, Узбекистан, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), энергетическая эффективность, устойчивость энергосистемы, экономическая целесообразность, водные ресурсы, аридный климат, сокращение выбросов CO<sub>2</sub>.

### Введение

Несмотря на значительный гидроэнергетический потенциал, Узбекистан активно развивает солнечную и ветровую энергетику. Это ускоренное развитие ставит вопрос о необходимости создания регулирующих мощностей для стабилизации энергосистемы. В этой связи гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) представляют собой наиболее совершенную и надежную технологию хранения энергии, позволяющую эффективно балансировать производство и потребление электроэнергии [1].

Исследование направлено на разработку адаптированной модели оценки эффективности ГАЭС в условиях аридного климата с учётом испаряемости, ограниченности водных ресурсов и сейсмических рисков.

#### **Методика исследования**

Работа базируется на анализе данных Министерства энергетики Республики Узбекистан, Международного энергетического агентства (IEA), Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), Всемирного банка и национальных научных отчётов. Методика включает:

- технико-экономическое моделирование параметров ГАЭС (мощность, КПД, стоимость хранения, срок окупаемости);
- сравнительный анализ альтернативных технологий накопления энергии (литий-ионные аккумуляторы, водородные системы);
- оценку влияния внедрения ГАЭС на структуру энергобаланса, выбросы парниковых газов и энергетическую устойчивость страны;
- анализ экологических рисков, связанных с водными ресурсами и воздействием на окружающую среду [4]

#### **Результаты и обсуждение**

Оптимальная мощность ГАЭС для условий Узбекистана составляет 400-800 МВт, при этом суточная цикличность работы станции достигает 8-12 часов, а общий КПД цикла 72-85 %. В таблице 1 показано что, средняя стоимость хранения энергии (LCOE storage) оценивается в пределах 0,05-0,13 USD/кВт·ч, что в 3-4 раза ниже, чем для литий-ионных систем (0,20-0,45 USD/кВт·ч) [3].

Таблица 1

Сравнительная экономическая эффективность технологий накопления энергии в Узбекистане

№	Показатель	ГАЭС	Литий-ионные АКБ	Водородная система
1	КПД цикла, %	72-85	85-93	40-60
2	Срок службы, лет	50-80	10-15	25-30
3	Стоимость хранения, USD/кВт·ч	0,05-0,13	0,20-0,45	0,10-0,30
4	Сред. кап.вложения, млрд USD	0,9-1,4	0,5-0,8	0,7-1,2
5	Срок окупаемости, лет	11-13	8-10	15-20
6	Потенциал масштабирования	Высокий	Средний	Средний
7	Экологические риски	Низкие-средние	Средние	Средние-высокие

Реализация проекта по созданию 4-6 гидроаккумулирующих электростанций с совокупной мощностью до 2 ГВт позволит создать значи-

тельные резервы электроэнергии – до 10-12 ГВт·ч в сутки. Это обеспечит покрытие до 12% пиковых нагрузок энергосистемы. К 2035 году ожидается существенное снижение экологической нагрузки: сокращение выбросов CO<sub>2</sub> на 10-12 млн тонн ежегодно. Экономический эффект будет выражаться в экономии до 1,6 млрд м<sup>3</sup> природного газа, который в настоящее время используется для балансировки тепловых станций [2,3].

Помимо этого, развитие ГАЭС окажет мультипликативный социально-экономический эффект, включая создание рабочих мест, стимулирование развития смежных отраслей и укрепление энергетической безопасности страны [5].

Интеграция ГАЭС с солнечными и ветровыми электростанциями является эффективным решением для полного раскрытия потенциала возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Она позволяет преодолеть проблему непостоянства выработки: днем избыточная солнечная энергия используется для закачки воды в верхний резервуар, а ночью эта энергия возвращается в сеть, устраняя провалы и минимизируя потери [2].

Экологические преимущества ГАЭС заключаются в снижении загрязнения атмосферы за счет вытеснения дизельных генераторов, ответственных за выбросы CO<sub>2</sub> и оксидов азота. Для обеспечения экологической устойчивости в аридных регионах, рекомендуется внедрение систем замкнутого водооборота и технологий, направленных на сокращение испарения, таких как плавающие солнечные панели [5].

### **Заключение**

Согласно проведенному анализу, развитие гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) в Узбекистане является стратегическим императивом для обеспечения устойчивого будущего национальной энергетики. ГАЭС служат краеугольным камнем для балансировки энергосистемы и повышения ее надежности, а также открывают двери для интеграции возобновляемых источников энергии, одновременно снижая углеродный след.

Создание 4-6 ГАЭС мощностью 400-800 МВт каждая, с общим запасом регулирующих мощностей порядка 12 ГВт·ч, значительно повысит гибкость энергосети, сократит сетевые потери и ускорит переход страны к низкоуглеродной модели экономики. Внедрение этих перспективных проектов также станет катализатором для формирования новой национальной отрасли гидроэнергетического машиностроения, развития кадрового потенциала и привлечения международных инвестиций.

### **Список литературы:**

1. Министерство энергетики Республики Узбекистан. Стратегия развития энергетики до 2035 года. – Ташкент, 2023.
2. IRENA. Global Energy Storage Outlook 2024. – Abu Dhabi, 2024.

3. World Bank. Hydropower and Pumped Storage Potential in Uzbekistan. – Washington, 2021.

4. International Hydropower Association (IHA). Hydropower Sector Climate Resilience Guide. – London, 2022.

5. Юсупов, Д.Т., Мирзалиев, У.И., оценка потенциала гидроаккумулирующих электростанций в узбекистане с учётом энергетической эффективности и экологических факторов. INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL. RESEARCH FOCUS, 2025. – volume 4. – URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17503884> (дата обращения: 14.10.2025).

Информация об авторах:

Юсупов Дилшодбек Турдалиевич, PhD, заведующий лаборатории «Солнечной энергии», НИИВИЭ, 100084, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ч. Айтматова, д. 2Б, [dilshod8006@mail.ru](mailto:dilshod8006@mail.ru)

Мирзалиев Улугбек Исмоналиевич, младший научный сотрудник, НИИВИЭ, 100084, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Ч. Айтматова, д. 2Б, [umirzaliyev@mail.ru](mailto:umirzaliyev@mail.ru)