

ГЭС ИТАЙПУ: исторический обзор и анализ ключевых уроков одной из крупнейших ГЭС в мире

Бакалавр, магистрант **П.Д. ВИЛЛАЛЬБА ФРАНКО**,
Кандидат технических наук **Д.А. ПЕРЕС МОСКОТЕ**
(ФГБОУ ВО НИУ “МЭИ”, кафедра гидроэнергетики и возобновляемых
источников энергии)

Поступила в редакцию: 18.12. 2024
Принята к публикации: 25.03.2025

Гидроэлектростанция Итайпу – двунациональное предприятие Парагвая и Бразилии – мировой эталон в области возобновляемой энергетики. Открытая в 1984 г. ГЭС Итайпу не только использует энергию реки Парана для производства экологически чистой электроэнергии, она – пионер комплексного подхода к экологической и социальной ответственности. В данной статье рассматривается историческое развитие проекта Итайпу – от начала в 1960-х гг. (как ответа на растущий спрос на энергию в обеих странах) и до нынешнего статуса мирового лидера в области гидроэнергетики, демонстрирующего силу международного сотрудничества и эффективного управления на двух территориях. Анализируется воздействие проекта на окружающую среду, признаются первоначальные экологические последствия строительства плотины и создания водохранилища, а также освещаются предпринимаемые усилия по снижению воздействия на окружающую среду и её сохранению. Рассматривая ключевые уроки из истории Итайпу статья предлагает ценные идеи для будущих гидроэнергетических проектов. Подчеркивается важность международного сотрудничества, активного природопользования, вовлечения населения и диверсифицированного подхода к возобновляемым источникам энергии с целью достижения устойчивого энергетического будущего.

Гидроэлектростанция Итайпу, расположенная на границе Парагвая и Бразилии, – одно из крупнейших инженерных сооружений в мире и ключевой элемент в производстве возобновляемой

энергии. Открытое в 1984 г., это сооружение стало примером двустороннего сотрудничества и мировым эталоном в области энергетической устойчивости, причём его влияние вышло далеко за рамки



Рис. 1. Плотина Итайпу

Источник: Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://itaipu.energy>

производства энергии. В настоящей статье представлен исторический обзор проекта и глубокий анализ ключевых уроков, посвящённых аспектам устойчивости и экологического воздействия, а также его социальная вовлечённость.

Исторический обзор ГЭС Итайпу

В 1960-х годах растущие потребности Парагвая и Бразилии в энергии побудили их к идее строительства гидроэлектростанции на реке Парана. После заключения в 1973 г. Договора Итайпу¹ началось строительство одного из крупнейших гидроэнергетических сооружений в мире, что потребовало сотрудничества обеих стран для создания инфраструктуры, использовавшей

поток реки Парана и её географические условия.

Процесс строительства Итайпу, начавшийся в 1975 г., стал гигантским вызовом. Тысячи рабочих из обеих стран приняли участие в работе, включающей в себя перенаправление реки Парана и создание водохранилища площадью 1350 км². В 1979 г. приступили к строительству плотины Итайпу, после подписания трехстороннего соглашения Итайпу-Корпус между Парагваем, Бразилией и Аргентиной, которое устанавливало требования к стоку реки Парана в нижнем бьефе². Заполнение водохранилища началось в октябре 1982 г., и уже через две недели, благодаря обильным дождям, вода достигла водосбросов на уровне 100 метров.

¹ 50 años de historia de Itaipú – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itaipu.gov.py/es/pagina/50-anos-de-historia-de-itaipu>

² Itaipu Hydroelectric Dam – The Global Infrastructure Hub [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gihub.org/connectivity-across-borders/case-studies/itaipu-hydroelectric-dam>



Рис. 2. Гидроэлектростанция Итайпу

Источник: Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://itaipu.energy>

В мае 1984 г. ГЭС Итайпу, с установленной мощностью 12 600 МВт, начала производство электроэнергии. Впоследствии установленная мощность была увеличена до 14 000 МВт путём введения в строй двух последних из 20 гидроагрегатов мощностью 700 МВт в 2006 и 2007 гг. (см. сноску 1). На рис. 2 показаны: водохранилище, плотина и водосброс Итайпу.

Итайпу стала не только одним из крупнейших источников гидроэлектроэнергии в мире, но и символом сотрудничества между нациями. Электростанция остаётся эталоном в использовании возобновляемой энергии, что позволяет избежать выброса миллионов тонн CO_2 каждый день³, показывая тем самым путь к более “чистому” развитию.

³ a) Itaipu Binacional and the sustainable development goals of the 2030 agenda – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: https://itaipu.energy/wp-content/uploads/2023/11/2310_036_Infografico_ODS_Ingles_002_digital.pdf; б) Itaipú evita emitir 87 millones de toneladas de CO_2 al día – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itaipu.gov.py/es/sala-de-prensa/noticia/itaipu-evita-emitir-87-millones-de-toneladas-de-co2-al-dia-y-contribuye-cumpl>

Техническое описание ГЭС Итайпу

ГЭС Итайпу, установленная мощность которой составляет 14 000 МВт, – третья по величине гидроэлектростанция в мире. В 2016 г. Итайпу выработала 103 098 ГВт · ч. Это стало мировым рекордом годовой выработки электроэнергии гидроэлектростанцией (см. сноску 3). Годовая выработка электроэнергии на ГЭС Итайпу составляет более 70 ТВт · ч, и она обеспечивает около 86.4% потребления Парагвая и 8.7% Бразилии⁴. В таблице представлены основные технические характеристики Итайпу, а на рис. 3 виден масштаб гидротурбин Итайпу.

⁴ Itaipu Tourism – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://turismoitaipu.com.br/en>

Технические характеристики ГЭС Итайпу

Характеристика	Значение
Расположение	Река Парана, на границе между Бразилией и Парагваем
Мощность	14 000 МВт
Количество гидроагрегатов	20
Тип турбины	Радиально-осевая гидротурбина (Френсиса), каждая мощностью 700 МВт
Тип генераторов	Синхронные генераторы: 10 × 823.6 МВА (50 Гц) 10 × 737 МВА (60 Гц)
Тип плотины	Гравитационная бетонная плотина (объём использованного бетона: 12.7 млн м ³)
Высота плотины	196 м
Длина плотины	7919 м
Ёмкость водохранилища	29 000 млн м ³
Площадь водохранилища	1350 км ²
Напор	118.4 м
Номинальный расход	690 м ³ /с
Годовое производство энергии	83.88 ТВт · ч в 2023 г. 75.19 ТВт · ч (среднее за последние 5 лет)
КИУМ	68.40% (в 2023 г.) 61.31% (средний за последние 5 лет)
Линии электропередач	ГЭС подключена к энергосистемам Бразилии и Парагвая через линии электропередач 500 кВ

Источники: Itaipu en números – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itaipu.gov.py/es/sala-de-prensa/itaipu-en-numeros>; Memoria Anual 2023. – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: https://www.itaipu.gov.py/sites/default/files/u62/Memoria%20Anual%20Itaipu%202023_Espa%ol_internet.pdf

Экологическое воздействие ГЭС Итайпу

Строительство плотины имело значительное воздействие на окружающую среду. Водоохранилище ГЭС Итайпу затопило обширную территорию, что негативно сказалось на экосистемах и местных общинах. Видоизменило места обитания флоры и фауны в регионе, а так-

же привело к опасности вытеснения или исчезновения местных видов. Кроме того, пришлось переселить коренные и крестьянские общины, что создало социальную и экологическую проблему.

Но с тех пор на ГЭС Итайпу реализованы многочисленные инициативы, смягчившие первоначальный экологический ущерб. Одни из наиболее заметных инициатив –



Рис. 3. Гидроагрегат ГЭС Итайпу

Источник: Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://itaipu.energy>

создание заповедных зон вокруг водохранилища, таких как заповедники Тати-Юппы и Био-Бэла-Виста, которые служат убежищами для местной флоры и фауны. Эти заповедники, наряду с другими проектами по охране природы, занимают площадь около 100 000 га (см. сноску 3а) и помогают сохранить такие находящиеся под угрозой исчезновения виды, как ягуар и южноамериканская гарпия.

Разработана также программа зарыбления реки Парана – как часть усилий по восстановлению экологического баланса, пострадавшего от строительства плотины. Проводится работа и над лесовосстановлением пострадавших районов: высаживаются миллионы деревьев на берегах водохранилища.

Социальная и экологическая приверженность ГЭС Итайпу

Большое внимание уделяется социальным обязательствам. С момента своего создания компания

“Итайпу-Бинасионал”, эксплуатирующая электростанцию, продвигает социальные проекты, направленные на благо местного населения, предлагая например, программы переселения тех, кто был перемещён в результате строительства водохранилища, и обеспечение доступа к базовым нуждам, таким как чистая питьевая вода⁵, здравоохранение и образование.

Компания стремится содействовать устойчивому развитию региона, поощряет внедрение устойчивых методов ведения сельского хозяйства, сокращение вырубki лесов и защиту водных ресурсов. Созданы образовательные центры и музеи, такие как Эко-музей Итайпу, где посетители информируются о важности сохранения

⁵ Programa Cultivando Agua Buena – CAB – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itaipu.gov.py/sites/default/files/rs2015/es/cultivando-agua-boa.html>

окружающей среды и использования чистой энергии⁶.

Что касается энергетических инноваций, то ГЭС Итайпу играет активную роль в продвижении возобновляемых источников энергии. Поддерживаются исследования таких источников энергии, как солнечная, ветровая и биоэнергия, стимулируется использование электромобилей. Компания участвует в проектах повышения энергоэффективности в Бразилии и Парагвае.

Основные уроки ГЭС Итайпу для развития возобновляемой энергетики

ГЭС Итайпу – это модель, которой следует придерживаться, поскольку она демонстрирует, как две страны могут работать вместе, развивая ключевые инфраструктуры, приносящие пользу обеим странам. Успех Итайпу в значительной степени связан с совместным эффективным управлением и соглашениями о справедливом распределении вырабатываемой энергии.

Продemonстрировано, что на основе экологического подхода можно смягчить экологическое воздействие крупного проекта в области инфраструктуры при условии осуществления соответствующих мер. Электростанция – пионер в области сохранения местных экосистем, лесовосстановления и защиты видов растений и животных при одновременной генерации чистой энергии для миллионов людей. Переход на возобновляемые источники энергии – это ключ к устойчивому будущему, и Итайпу сыграла в этом про-

цессе решающую роль. Благодаря диверсификации своих усилий в направлении экологически чистых технологий и поощрения устойчивых методов работы, эта электростанция стала эталонным примером для других крупных гидроэлектростанций в мире.

Выводы

Двунациональное предприятие Парагвая и Бразилии ГЭС Итайпу – пример успешного крупномасштабного проекта в области возобновляемой энергетики, реализованного благодаря международному сотрудничеству.

Несмотря на первоначальное воздействие на окружающую среду, демонстрируется, что целенаправленные усилия могут существенно уменьшить неблагоприятные последствия.

Обязательства перед местными сообществами подчёркивают важность социального благополучия, направленного на устойчивое развитие.

Упор на исследования и разработки в области различных возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая, подчёркивает важность постоянных инноваций и диверсификации в целях устойчивого развития возобновляемой энергетики.

Хотя проект Итайпу масштабный, его опыт в области снижения воздействия на окружающую среду, вовлечения населения и устойчивых практик может быть адаптирован и применён к проектам малой гидроэнергетики, способствуя более ответственному и эффективно-му подходу к использованию этого источника энергии.

⁶ *Ecomuseo Itaipú – Itaipú Binacional [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itaipu.gov.py/es/medio-ambiente/ecomuseo>*