

Общая схема размещения ГАЭС на территории Республики Узбекистан

Беллендир Е. Н.¹, д.т.н, генеральный директор,
Александров А. В.², к.т.н., ГИП,
Ломоносов А. А.³, инженер, ГИП (АО “Институт Гидропроект”)

Приводятся сведения о предпосылках выполнения работ по разработке схемы размещения ГАЭС на территории Республики Узбекистан. Описан порядок определения потенциальных мест размещения ГАЭС, критерии оценки пригодности и приоритетности площадок, основные параметры ГАЭС для выявленных площадках, результаты рекогносцировочного обследования, сведения об основных конструктивных и планировочных решениях речных и озёрных ГАЭС.

Ключевые слова: ГАЭС, гидроаккумулирующая станция, площадка размещения, параметры, рекогносцировка.

The General Scheme of a PSPP location on the territory of the Uzbekistan Republic

Bellendir E. N.¹, Doctor of Technical Sciences, Chief Manager,
Aleksandrov A. V.², Candidate of Technical Sciences, Chief design manager,
Lomonosov A. A.³, Engineer (JSC “Institute Hydroproject”)

Information is provided on the prerequisites and performance of work on the development of a scheme for the placement of a PSPP on the territory of the Republic of Uzbekistan, the procedure for determining and basic parameters of PSPP sites, the results of a reconnaissance survey and information on the main design and planning solutions of river and lake PSPPs.

Keywords: PSPP, pumped storage station, placement site, parameters, reconnaissance.

Предпосылки строительства ГАЭС. Развитие энергетического сектора Республики Узбекистан на ближайшую перспективу регулирует “Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020 – 2030 гг.” [1, 2]. Концепция предусматривает увеличение к 2030 г. доли ВИЭ (ГЭС + ВЭС + СЭС) до 40 % в установленной мощности электростанций и до 26 % в структуре выработки электроэнергии. Концепция предполагает диверсификацию энергетического сектора Узбекистана — доля тепловой генерации должна сократиться с 92 до 59 %. Замещение доли ТЭС планируется за счёт развития атомной энергетики. Ожидается, что проект строительства первой АЭС в Центральной Азии реализует “Росатом”. Следует отметить, что АЭС покрывает базовую часть нагрузки и не может участвовать в регулировании колебаний суточных графиков и только отчасти может участвовать в регулировании сезонных графиков. Также в концепции обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020 – 2030 гг. предусмотрено развитие генерирующих мощностей на основе ВИЭ. Согласно концепции, к 2030 г. доля ВЭС и СЭС в структуре выработки электроэнергии должна достичь 15 %.

Одна из самых больших проблем данных технологий заключается в их низкой гибкости. Это в особенности характерно для ВЭС и СЭС, ресурсы первичной энергии которой зависят от природных условий, погоды, непостоянны и трудно предсказуемы. Определяющими факторами являются интенсивность солнечной инсоляции и ветрового воздействия в каждый период времени. Поэтому развитие генерации на СЭС и ВЭС напрямую зависит от возможностей аккумулирования электроэнергии и её перераспределения в увязке с другими источниками генерации в течение суток и по сезонам.

Реализация поставленных в “Концепции ...” задач к 2030 г. должна обеспечить общую установленную и располагаемую генерирующие мощности с учётом вывода из эксплуатации физически устаревшего оборудования (5,9 тыс. МВт) на уровне 29,2 тыс. МВт, в том числе:

- ТЭС, использующие природный газ — 13,4 тыс. МВт (45 %);
- ТЭС, использующие уголь — 1,7 тыс. МВт (5,9 %);
- ГЭС — 3,8 тыс. МВт (13,1 %);
- ВЭС — 3 тыс. МВт (10,4 %);
- ФЭС — 5 тыс. МВт (17,3 %), в том числе 1 тыс. МВт с устройствами хранения электрической энергии для аккумуляции её в солнечные часы и использования накопленной электрической

¹ e.bellendir@hydroproject.ru

² a.aleksandrov@hydroproject.ru

³ a.lomonosov@hydroproject.ru

энергии во время отсутствия солнца и вечернего максимума нагрузок единой электроэнергетической системы;

- АЭС — 2,4 тыс. МВт (8,3 %).

Прирост генерирующих мощностей составит 16,4 тыс. МВт, в том числе необходимо создание 4,4 тыс. МВт регулирующих мощностей для покрытия пиковых нагрузок [1 – 3].

В настоящее время в энергосистеме Узбекистана уже существуют трудности с регулированием частоты и мощности из-за низкой доли маневренной генерации. Из всех ГЭС Узбекистана, только Чарвакская ГЭС (666 МВт) и Ходжикентская ГЭС (165 МВт) могут предоставлять услуги по регулированию частоты и мощности для энергосистемы в целом, что составляет менее 6 % от суммарной установленной мощности электростанций (при оптимальных значениях 12 – 15 %) и является недостаточным для удовлетворения потребностей энергосистемы при сложившейся плотности суточных и сезонных графиков нагрузки. При этом возможности для строительства новых ГЭС практически исчерпаны в связи с полным использованием экономически оправданного потенциала гидроресурсов. Технический гидроэнергетический потенциал Республики Узбекистан оценивается в размере 27,4 ТВтч/год, экономически эффективный к использованию — 15,5 ТВтч/год, степень освоения составляет более 60 %. Суммарная установленная мощность действующих ГЭС на начало 2023 г. — 2,22 ГВт (включая МГЭС), выработка электроэнергии в 2022 г. — 6,48 ТВтч. К регулированию нагрузки вынужденно привлекается тепловая генерация, что приводит к ускоренному износу агрегатов в связи с необходимостью держать их в “горячем” резерве, прибегать к частым дополнительным остановам/пускам энергоблоков ТЭС.

Предварительный анализ энерго-экономических предпосылок показал, что для обеспечения оптимальных режимов работы Объединенной энергосистемы Узбекистана необходимо строительство ГАЭС суточного регулирования мощностью в турбинном режиме не менее 1000 – 1500 МВт уже в ближайшей перспективе, и до 4400 МВт в перспективе до 2035 г. Помимо основной функциональной задачи — выравнивание графика нагрузок энергосистемы (потребление электроэнергии на заряд в часы ночных провалов и покрытие пиковой части графиков нагрузок), на ГАЭС могут быть возложены функции оказания и дополнительных системных услуг (участие в регулировании мощности, резервирование мощности — оперативное и аварийное, регулирование реактивной мощности и напряжения, и др.) [4].

Схема размещения ГАЭС в Республике Узбекистан. В связи с этим, для решения проблемы ре-

гулирования работы энергосистемы АО “Институт Гидропроект” предложил рассмотреть возможность строительства на территории Узбекистана ряда ГАЭС и выполнил работы по созданию схемы размещения ГАЭС на территории республики [4, 5]. Работа выполнялась в 2 этапа. Этап 1 — сбор и анализ предварительной исходной информации. Поиск потенциальных площадок для строительства ГАЭС. Выбор наиболее перспективных площадок. Этап 2 — рекогносцировочное обследование перспективных площадок, разработка основных технических решений для каждой площадки, оценка технико-экономических показателей и экономических аспектов их функционирования ГАЭС в энергосистеме Республики.

Возможности для выбора подходящих локаций для размещения ГАЭС весьма ограничены. Большую часть территории Узбекистана занимают равнины (около четырёх пятых территории). Одной из главных является Туранская равнина. На востоке и северо-востоке страны расположены отроги Тянь-Шаня и Памира, здесь же находится высочайшая точка страны (4643 м). На севере центральной части территории Узбекистана находится одна из крупнейших пустынь мира – Кызылкум. Горы и предгорья составляют примерно 1/5 территории республики. На востоке преобладают среднегорные и высокогорные формы рельефа: в пределы республики входят склоны или окончания хребтов Западного Тянь-Шаня (хребты Угамский, Пскемский, Чаткальский, Кураминский) и Памиро-Алая (хребты Зеравшанский, Туркестанский, Гиссарский, Кугитангтау, Байсунтау). К югу и западу они постепенно понижаются и переходят в равнины. Между горами простираются довольно большие впадины: Кашкадарьинская, Сурхандарьинская, Зеравшанская, Самаркандская. Наиболее крупная межгорная впадина — Ферганская котловина (долина) длиной — 370 км, а в ширину достигает 190 км. Долина с трёх сторон обрамлена горными хребтами и только с запада открыта. На границе с Афганистаном находится обширная Приамударьинская впадина.

Большинство рек Узбекистана пересыхают в своем течении, только Амударья и Сырдарья доходят до Аральского моря. Крупными реками республики также являются Пскем, Чаткал, Коксу, Чимгансай, Чирчик, Угам, Бельдерсай. У места слияния рек Пскем, Коксу и Чаткал создана Чарвакская ГЭС с водохранилищем многолетнего регулирования, ниже — Газалкентская и Ходжикентская ГЭС, входящие в состав Каскада Урта-Чирчикских ГЭС. В Узбекистане есть несколько крупных искусственных озёр, таких как Чардаринское водохранилище.

При выборе площадок для размещения ГАЭС учитывались следующие основные положения [4]:

1. Природные условия. Главными критериями оценки пригодности площадки для строительства ГАЭС являются геологические, гидрологические и топографические условия, которые должны обеспечивать получение минимально допустимого с точки зрения экономической оправданности напора ГАЭС (по предварительным расчетам — не менее 100 м), возможность размещения рабочих бассейнов ГАЭС, устойчивость склонов в зоне расположения сооружений ГАЭС, возможность заполнения ёмкости рабочих бассейнов.

2. Наиболее предпочтительным являются размещение ГАЭС в центре нагрузок энергосистемы или вблизи крупных потребителей электроэнергии. Это позволит обеспечить надёжность энергоснабжения, снижение затрат в ЛЭП, снижение сетевых потерь.

Кроме того, ГАЭС, размещённые в центре нагрузок, могут оказывать на возмездной основе дополнительные системные услуги (такие как регулирование частоты и активной мощности, регулирование напряжения и реактивной мощности, участие в противоаварийной автоматике и др.), что повышает заинтересованность в ГАЭС поставщика электроэнергии и энергосистемы в целом.

3. Возможность использования в качестве рабочих бассейнов ГАЭС существующих водохозяйственных комплексов, водохранилищ различного назначения, площадок с использованием техногенного рельефа и др. с целью снижения затрат в сооружение рабочих бассейнов ГАЭС, строительную и производственную инфраструктуру.

Т а б л и ц а 1

Перечень выявленных перспективных площадок ГАЭС

№ площадки	Местоположение ГАЭС	Напор, м	Мощность, МВт
1	Ангренская (г. Ангрен, р. Ангрен)	280	500
2	Асакская (р. Шаарихансай)	160	330
3	Санзарская (р. Санзар, г. Самарканд)	100	200
4	Р. Аму-Дарья (г. Ургенч)	55	350
5	Каратерень ГАЭС	95	350
6	Орготокойское вдхр, 15 км севернее Намангана	87	278
7	Ходжикентская	195	250
8	Верхнепскемские ГАЭС (р. Пскем) (2 площадки)		
8.1	Майдантал	80	250
8.2	Верхнепскемская	150	250
9	Газалкентская (р. Аксакатасай)	110	80
10	Нижний Карамазар (р. Аксакатасай)	300	190
11	Верхний Карамазар (р. Аксакатасай)	220	110
12	Аксакатасайская (р. Аксакатасай)	350	220
13	Ахангаранская ГАЭС (р. Ахангаран) (3 площадки)		
13.1	Площадка 1	800	400
13.2	Площадка 2	370	250
13.3	Площадка 3	600	400
14	Галляалар ГАЭС (р. Танги)	100	300
15	Кызылдарья ГАЭС (р. Кызылдарья)	350	250
16	Денгизкуль ГАЭС	100	500
17	Айдаркуль ГАЭС	100	240



Рис. 1. Участники рекогносцировочного обследования

4. Максимальное сохранение естественного ландшафта и сокращение площади отчуждаемых земель под сооружения ГАЭС.

5. Цикл аккумулирования ГАЭС — суточный (ГАЭС суточного регулирования).

Продолжительность использования ГАЭС в суточном режиме принята предварительно: в режиме разряда (турбинный режим) — 5 ч, в режиме заряда (насосный режим) — 6 ч.

На первом этапе работ выявлено 19 площадок, пригодных для размещения ГАЭС. Выбор площадок размещения и оценка предварительных параметров ГАЭС осуществлялись на основе фондовых материалов и материалов открытого доступа.

При поиске перспективных площадок для строительства ГАЭС был выполнен предварительный анализ всех площадок, рассмотренных в разное время при формировании программ строительства гидроэнергетических объектов в регионе, а также ряд новых площадок. В табл. 1 приведены основные параметры перспективных площадок.

Для подтверждения возможности строительства ГАЭС на выявленных площадках в 2023 г. было проведено рекогносцировочное обследование всех выявленных площадок группой специалистов: гидротехников, геологов, специалистов организации строительства, сейсмологов, экологов. В работе принимали участие российские специалисты и специалисты Республики Узбекистан (АО “УзбекГидроЭнерго, ООО “Экостандарт”, АО “Энергосетьпроект”, АО “Гидропроект” и др.) (рис. 1).

При выполнении рекогносцировочного обследования оценивались следующие факторы: гидрологические условия; инженерно-геологические и экологические условия и ограничения; доступность площадок и транспортная схема; освоенность территории; наличие ЛЭП и опорных подстанций.

Основные параметры перспективных ГАЭС. Многофакторный анализ параметров и особенностей 19 площадок, выявленных на первом этапе работ и рекогносцировочного обследования, позволил наметить 8 наиболее перспективных площадок размещения ГАЭС [4, 5]. Уточненные параметры перспективных площадок приведены в табл. 2, схема размещения на территории РУЗ представлена на рис. 2.

Помимо участия в покрытии пиковой части графика нагрузки и оказания системных услуг, рассмотренные в работе перспективные ГАЭС могут также выполнять следующие задачи:

Таблица 2

Уточнённые параметры рекомендованных ГАЭС

№ площадки	Местоположение ГАЭС	Напор, м	Мощность, МВт
1	ГАЭС Каратерень (оз. Каратерень)	92,5	500
2	ГАЭС Айдаркуль (оз. Айдаркуль)	98,25	250
3	ГАЭС Кызылдарья (р. Кызылдарья)	361,7	220
4	Аксакатасайская ГАЭС (р. Аксакатасай)	364	220
5	Ахангаранская ГАЭС (р. Ахангаран)	386	250
6	Верхнепскемская ГАЭС (р. Пскем)	147,5	200
7	Ходжикентская ГАЭС Н-PSP* (р. Чирчик)	556	600
8	Верхнепскемские ГАЭС Н-PSP* (р. Пскем)	463	600

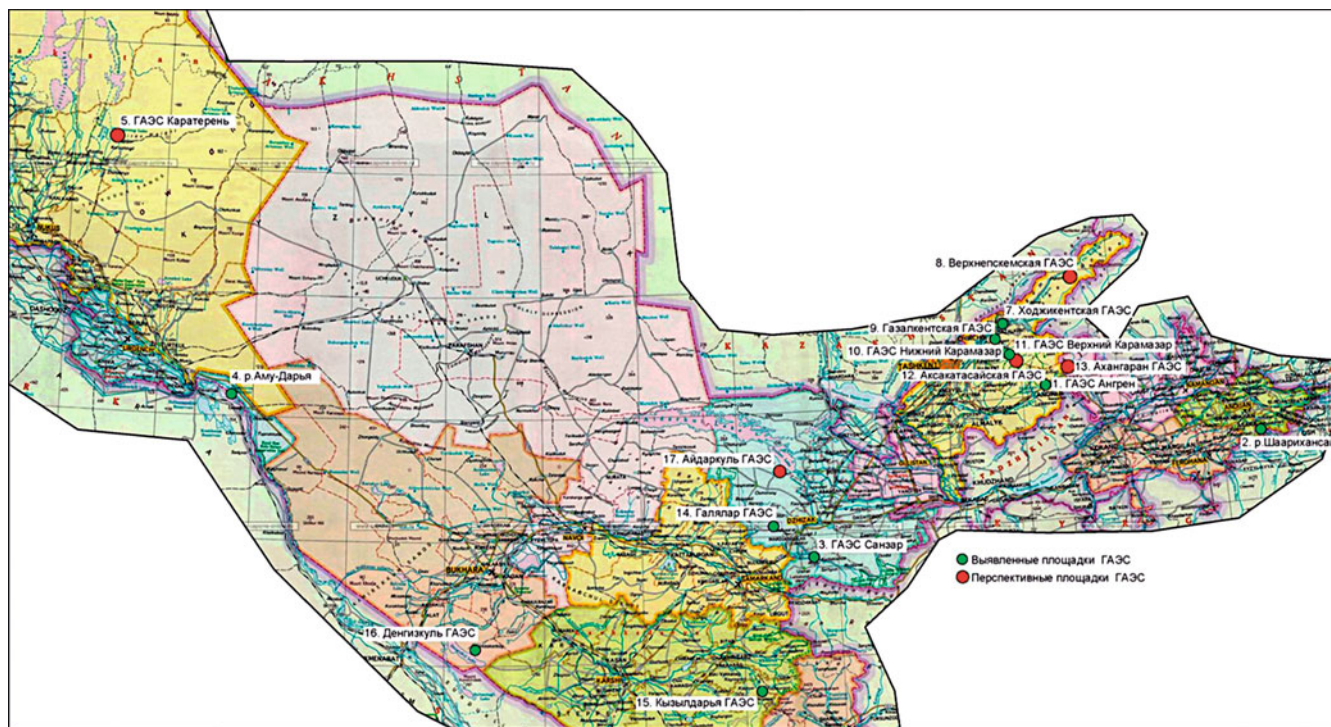


Рис. 2. Карта размещения выявленных площадок ГАЭС на территории Республики Узбекистан

ГАЭС Каратерень (Республика Каракалпакстан) — регулирование переменной мощности и предотвращение сокращения использования ВЭС;

ГАЭС Айдаркуль (Джизакская область) — создание нагрузки в ночное время для АЭС (как правило, рассматривается строительство АЭС совместно с ГАЭС) и ТЭС;

ГАЭС Кызылдарья (Кашкадарьинская область) — регулирование колеблющейся мощности СЭС и создание нагрузки для ТЭС в ночное время;

Аксакатасайская ГАЭС, Ахангаранская ГАЭС, Верхнепескская ГАЭС, Верхнепескская ГАЭС, Ходжикентская ГАЭС (все в Ташкентской области) — создание нагрузки для ТЭС в ночное время, регулирование нагрузки в густонаселенном регионе с высокой долей коммунально-бытового потребления.

В рамках работ Этапа 2 определены параметры подбора оборудования для рекомендованных площадок размещения ГАЭС, приведённые в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Основные параметры оборудования рекомендованных ГАЭС

Название объекта	Напор, м	Номинальная мощность ГАЭС в турбинном режиме, МВт	Количество агрегатов	Мощность одного агрегата, МВт	Расход ГАЭС (турбинный режим), м ³ /с	Расход одного агрегата (турбинный режим), м ³ /с
ГАЭС Каратерень	104	500	4	125	588	147
ГАЭС Айдаркуль	104	250	2	125	294	147
ГАЭС Кызылдарья	386	220	2	110	79	39,5
Аксакатасайская ГАЭС	370	220	2	110	72	36
Ахангаранская ГАЭС	390	250	2	125	79	39,5
Верхнепескская ГАЭС	157	200	2	100	196	98
Верхнепескская ГАЭС Н-РСП*	556*	600*	3*	200	152,0*	50,7*
Ходжикентская ГАЭС Н-РСП*	463*	600*	3*	200	127,0*	42,3*

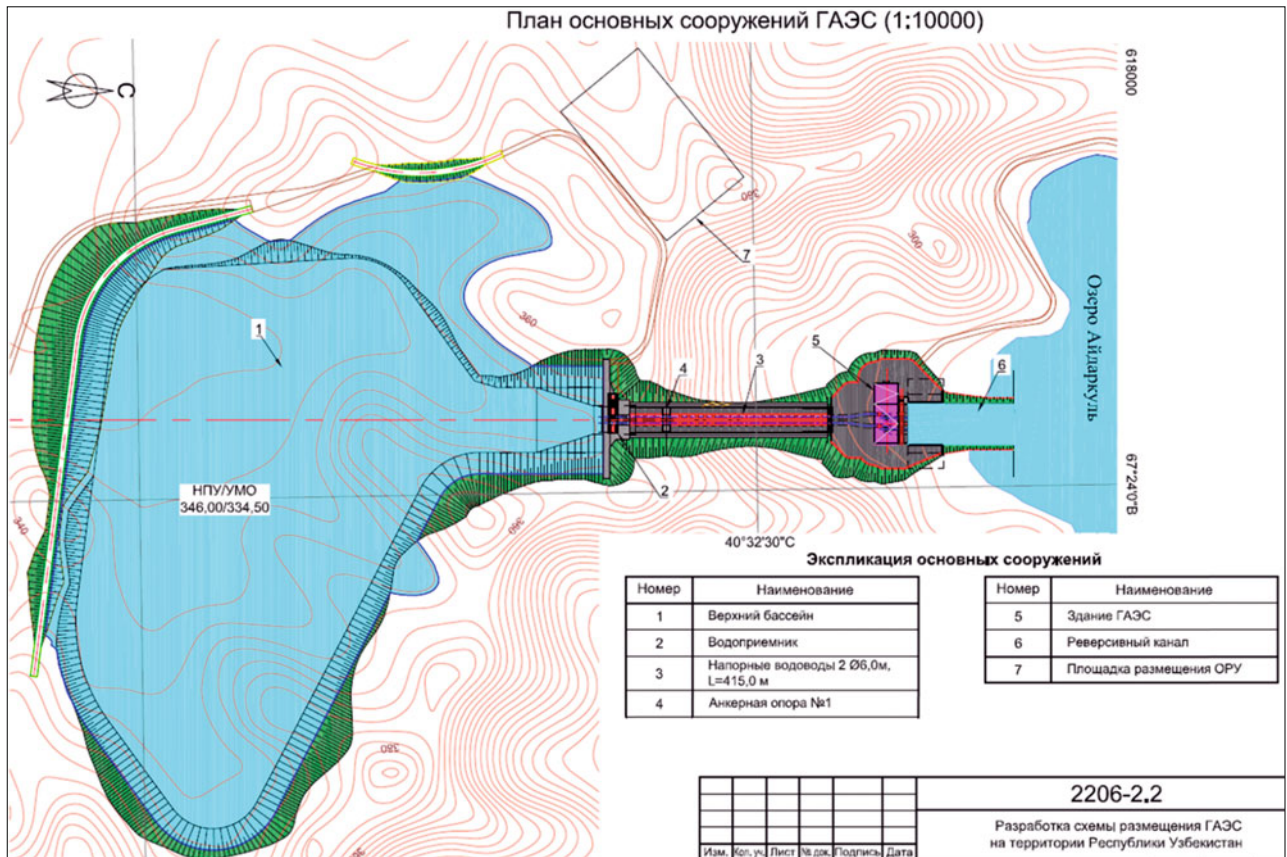


Рис. 3. Компоновочное решение ГАЭС озёрного типа

Основное гидросиловое оборудование включает в себя:

1. Насос-турбина. Для всех проектируемых ГАЭС принят радиально-осевой тип насос-турбин. Преимуществами данного типа гидротурбин являются: высокий КПД, менее сложная конструкция рабочего колеса.

2. Генератор-двигатель. В зависимости от частоты вращения принято подвесное или зонтичное исполнение генератор-двигателя.

3. АСУ ТП. Предназначена для объединения локальных систем управления в единую систему.

4. Система автоматического регулирования. Предназначена для управления насос-турбиной. Обеспечивает автоматическое поддержание заданной частоты вращения агрегата, предохраняет его от выхода в разгон при аварийных отключениях нагрузки и обеспечивает противоаварийную защиту агрегата. САУ включает регулятор скорости (РС), маслонапорную установку для питания маслом рабочим давлением 6,3 МПа, сервомоторы и соединительные маслопроводы.

5. Пред турбинный затвор. Тип затвора выбирался в зависимости от величины напора; диаметр затвора выбирался в зависимости от расхода насос-турбины.

Для всех потенциальных ГАЭС рекомендуется использовать в качестве распределительного уст-

ройства высокого напряжения открытые распределительные устройства (ОРУ) как наиболее эффективное оборудование по климатическим условиям функционирования и условию цена-качество.

В рамках углубленной разработки основных компоновочных и планировочных решений выделяются ГАЭС озёрного типа и ГАЭС речного типа. Для ГАЭС озёрного типа в качестве нижнего бассейна удобно использовать существующую озёрную систему; для ГАЭС речного типа нижний бассейн необходимо формировать на водотоке. При этом ГАЭС озёрного типа могут быть расположены в местностях без водотоков с условием наличия близлежащего плато для размещения верхнего бассейна.

Примером ГАЭС озёрного типа является ГАЭС Айдаркуль, компоновочное решение которого приведено на рис. 3; речного типа – ГАЭС Кызылдарья (рис. 4).

Выводы

1. В настоящее время в энергосистеме Узбекистана существуют трудности с регулированием частоты из-за низкой доли маневренной генерации. Участие ГЭС в суточных графиках нагрузки в периоды наибольших уровней электропотребления составляет менее 6 (при оптимальных 15 – 20 %) и

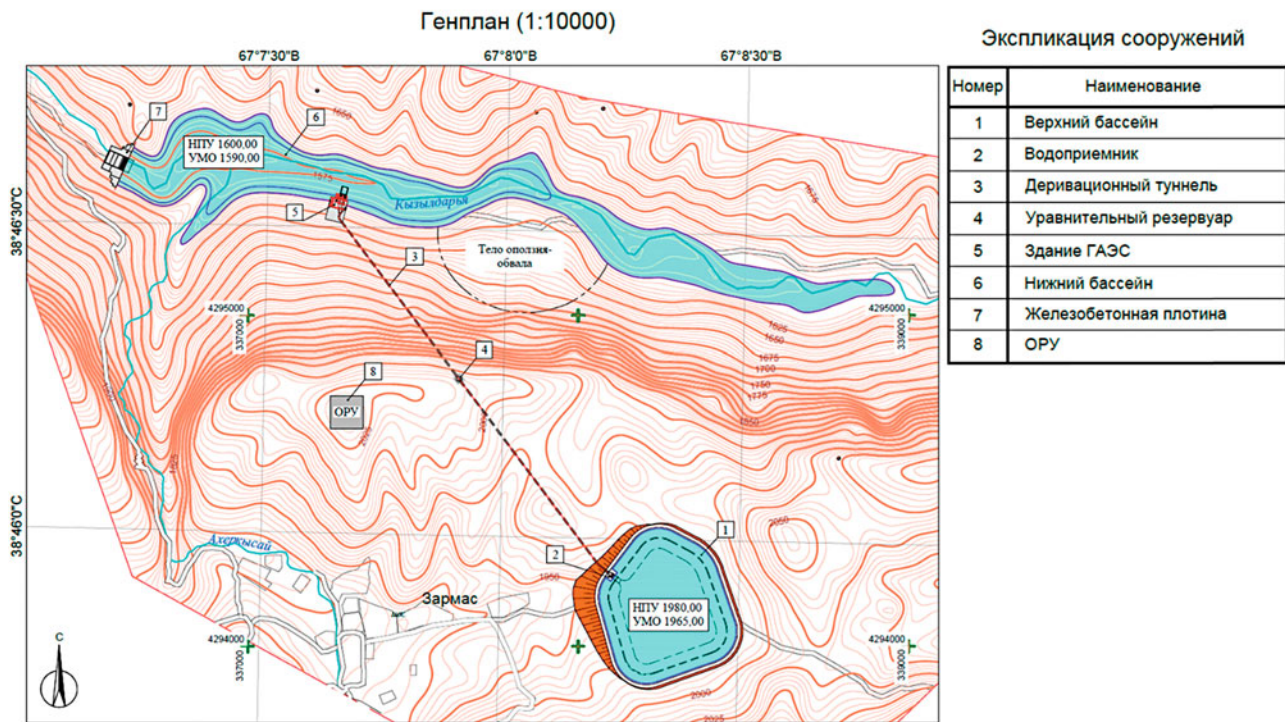


Рис. 4. Компоновочное решение ГАЭС речного типа

является недостаточным для сбалансированной работы энергосистемы. Согласно “Концепции обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020 – 2030 гг.” к 2030 г. необходимо создать дополнительно 4400 МВт регулирующих мощностей.

2. Для решения проблемы регулирования работы энергосистемы АО “Институт Гидропроект” предложил рассмотреть возможность строительства на территории Узбекистана ряда ГАЭС и выполнил работы по созданию схемы расположения ГАЭС на территории республики.

3. В рамках выполнения работ выявлено 19 перспективных площадок, пригодных для размещения ГАЭС, и проведено рекогносцировочное обследование этих площадок. Обследование показало принципиальную возможность строительства ГАЭС на всех выявленных площадках по условиям технической целесообразности и экологических требований.

4. Было рекомендовано назначение восьми первоочередных площадок строительства ГАЭС с общей установленной мощностью около 3000 МВт. Для всех отмеченных площадок были разработаны основные объёмно-планировочные и конструктивные решения на стадии “Схема”, получены результаты подбора основного и вспомогательного оборудования, определены сроки и стоимость строительства, подтвердившие принятые параметры строительства ГАЭС.

5. На основании определения параметров ГАЭС и анализа структуры энергосистемы выбраны

принципиальные схемы выдачи мощности для каждой из восьми потенциальных ГАЭС.

Соблюдение этических норм

Финансирование: работы по разработке схемы расположения ГАЭС на территории Республики Узбекистан были выполнены на основании контракта между “АО УзбекГидроЭнерго” и АО “Институт Гидропроект”. Исследование не получило какого-либо конкретного гранта от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

Дополнительная информация: основные положения статьи были показаны на 8 ежегодном международном Конгрессе “Гидроэнергетика. Центральная Азия и Каспий” в 2024 г.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. О стратегии дальнейшего развития и реформирования электроэнергетической отрасли Республики Узбекистан: Постановление Президента Республики Узбекистан от 27 марта 2019 г. № ПП-4249. – URL: <https://lex.uz/docs/4257085> (дата обращения: 12.04.2024).
2. Концепция обеспечения Республики Узбекистан электрической энергией на 2020 – 2030 годы. — URL: <https://minenergy.uz/ru/lists/view/77> (дата обращения: 12.04.2024).
3. Разработка концепции развития энергетического и водохозяйственного комплексов стран центрально-азиатского региона: науч.-техн. отчет № 2148-Э4.
4. Отчёт № 2206-1. “Разработка схемы размещения ГАЭС на территории Республики Узбекистан. Этап 1”.
5. Отчёт № 2206-2. “Разработка схемы размещения ГАЭС на территории Республики Узбекистан. Этап 2”.