

## АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Научная статья

УДК/UDC 725.1:621.311.21

DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-212-225

**Тенденции развития архитектуры новых и реконструируемых гидроэлектростанций****Екатерина Олеговна Волкова<sup>1</sup>, Светлана Валерьевна Ильвицкая<sup>2</sup>**<sup>1,2</sup>Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия<sup>1</sup>ekaterinaone@yandex.ru <sup>2</sup>ilvitskaya@mail.ru

**Аннотация:** В статье рассмотрены актуальные проблемы проектирования, реконструкции гидроэлектростанций и перспективы развития сектора альтернативной энергетики. Проведён исторический обзор развития архитектуры советских электростанций XIX-XX вв. Выявлены основные факторы и особенности, влияющие на проектирование зданий гидроэнергетического комплекса. Определены основные тенденции проектирования, строительства и развития архитектуры гидроэлектростанций. Рассмотрен зарубежный опыт проектирования малых гидроэлектростанций. Затронута тема совмещения мощности гидроэлектростанции с другими возобновляемыми источниками энергии и интеграция их в архитектурное пространство гидроузла. Рассмотрено развитие компьютерных технологий, инноваций и применение их в проектировании гидроэлектростанций.

**Ключевые слова:** архитектура, гидроэлектростанции, малые гидроэлектростанции, реконструкция, объемно-планировочные решения, возобновляемые источники энергии, устойчивая архитектура, генеральный план, благоустройство

**Для цитирования:** Волкова Е.О. Тенденции развития архитектуры новых и реконструируемых гидроэлектростанций / Е.О. Волкова, С.В. Ильвицкая // Architecture and Modern Information Technologies. 2021. №4(57). С. 212–225. URL:

[https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/12\\_volkova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/12_volkova.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-212-225

## ARCHITECTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Original article

**Trends in development of architectural and planning solution for new and reconstructed hydroelectric power plants****Ekaterina O. Volkova<sup>1</sup>, Svetlana V. Ilvitskaya<sup>2</sup>**

State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

<sup>1</sup>ekaterinaone@yandex.ru <sup>2</sup>ilvitskaya@mail.ru

**Abstract:** The article discusses the current problems of design, reconstruction of hydroelectric power plants and prospects for the development of the alternative energy sector. A historical review of the development of the architecture of Soviet power plants of the XIX-XX centuries is carried out. The main factors and features affecting the design of buildings of the hydropower complex are identified. The main trends in the design, construction and development of the architecture of hydroelectric power plants are determined. The foreign experience of designing small hydroelectric power plants is considered. The topic of combining the capacity of a hydroelectric power plant with other renewable energy sources and integrating them into the architectural space of a hydroelectric facility is touched upon. The development of computer

---

<sup>1</sup> © Волкова Е.О., Ильвицкая С.В., 2021

technologies, innovations and their application in the design of hydroelectric power plants are considered.

**Keywords:** architecture, hydroelectric power plant, small hydropower plant, reconstruction, architectural environment, renewable energy, sustainable architecture, integrity

**For citation:** Volkova E.O., Ilvitskaya S.V. Trends in development of architectural and planning solution for new and reconstructed hydroelectric power plants. *Architecture and Modern Information Technologies*, 2021, no. 4(57), pp. 212–225. Available at:

[https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/12\\_volkova.pdf](https://marhi.ru/AMIT/2021/4kvart21/PDF/12_volkova.pdf) DOI: 10.24412/1998-4839-2021-4-212-225

Растущий спрос на электроэнергию актуален для всех городов мира. Уровень развития электроэнергетики – один из основных показателей индустриальной мощи страны. Стремительно меняются технологии, чистая энергия становится доступной. Основная доля генерируемой энергии в мире приходится на невозобновляемые источники энергии. Активно развиваются различные направления возобновляемой энергетики – малая гидроэнергетика, ветровая, солнечная. Ведётся реконструкция и модернизация гидроэлектростанций (ГЭС), проектирование и строительство малых гидроэлектростанций (МГЭС), некоторые проекты реализуются в рамках государственной программы поддержки электроэнергетики на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). ВИЭ могут конкурировать с отраслью ископаемого топлива.

Вопросам архитектуры и комплексного подхода к проектированию объектов гидроэнергетического комплекса не уделялось должного внимания на протяжении нескольких десятилетий. Россия начинает отходить от копирования и адаптирования зарубежного опыта и занимается развитием собственных подходов, технологий в строительстве. Богатая ресурсная база страны, освоение новых территорий дают предпосылки к необходимости введения новых генерирующих мощностей. Глобальная борьба с изменением климата стимулирует развитие «зелёной энергетики». Создание объектов МГЭС формируется в новую самостоятельную подотрасль энергетики.

Целью исследования является выявление проблем и перспектив развития архитектуры новых и реконструируемых ГЭС, определение основных тенденции развития архитектуры ГЭС. Исходя из цели исследования, авторы определили основные задачи – провести исторический обзор развития архитектуры советских и зарубежных электростанций XIX–XX вв., сформулировать основные факторы и региональные особенности, влияющие на проектирование зданий гидроэнергетического комплекса.

Малая гидроэнергетика занимает особое место в структуре генерации «чистой энергии». «Гидроэнергетический потенциал Российской Федерации составляет около 9 процентов мирового потенциала и обеспечивает масштабные возможности развития гидроэнергетики»<sup>2</sup>. Раскрытие потенциала малых рек будет способствовать активному освоению территорий Северного Кавказа, Сибири и Дальнего Востока. Здесь наиболее благоприятные климатические и природные условия для совмещения мощностей МГЭС с солнечной и ветровой энергиями. Водные запасы России наиболее быстро возобновляется в руслах рек<sup>3</sup>. По сравнению с крупными станциями МГЭС имеют преимущество: не требуется затопление больших территорий, перенос населённых пунктов, развитие новой инфраструктуры, смены условий судоходства, появляется возможность обеспечить благоприятные условия для миграции рыб.

<sup>2</sup> Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/#1000> (дата обращения: 18.10.2021).

<sup>3</sup> Официальный сайт Министерства природы Российской Федерации. URL: <https://www.mnr.gov.ru/> (дата обращения: 12.10.2021).

В Правительстве России активно обсуждается создание новых городов в Сибири. Министр обороны России Сергей Шойгу в августе 2021 г. поделился планами о создании новых городов, «которые должны стать новыми научно-промышленными и экономическими центрами. Предположительно, население этих городов будет составлять от трехсот тысяч до миллиона человек». Также, в Минвостокразвития заявили, что в 30 километрах от Владивостока планируют построить новый город-спутник на триста тысяч жителей. Соглашение о создании нового города было подписано на ВЭФ-2021<sup>4</sup>. «В новом городе планируется создать тематические кварталы стран Азиатско-Тихоокеанского региона»<sup>5</sup>.

Развитие сферы транспорта, строительство новых транспортных коммуникаций, промышленных центров, жилищно-коммунального фонда даёт мощный импульс увеличению спроса на электроэнергию. Исторически сложилось – все города строились около рек, озёр или других источников воды. Важно, основываясь на опыте реализации ГЭС, определить перспективы развития промышленности и городов на базе МГЭС. Строительство ГЭС на реках – Ангаре, Волге, Днепре – активизировали развитие промышленности и образование городов. Архитектуре уделялось недостаточное внимание, социально-бытовые условия были ниже среднего, так как города строились как временные рабочие посёлки строителей ГЭС. В наше время водоёмы уже не так важны с точки зрения экономики, как раньше, их роль сместилась скорее к досуговой.

Вопрос развития архитектуры ГЭС будущего связан с историей становления гидроэнергетики нашей страны. Архитектура объектов гидроэнергетического комплекса России имеет более чем 100-летнюю историю. Считается, что первое здание ГЭС в России построено на реке Берёзовка в 1892 г. (в настоящее время территория относится к Восточному Казахстану)<sup>6</sup>. Другие источники считают, что первой ГЭС в России была Ныгринская ГЭС в Иркутской области на реке Ныгри (приток р. Вачи), построенная в 1896 г. Первые здания ГЭС были деревянные, бревенчатые. Первое в мире здание ГЭС построено на Ниагарском водопаде в 1877 году<sup>7</sup>. Первые электростанции были малой мощности и генерировали энергию для нужд местного значения. До наших дней они не сохранились, остались только архивные фотографии. Следующие проекты электростанций становились амбициознее. Достижения в науке и технике способствовали решению многих инженерных задач.

Советская энергетика получила целый ряд ГЭС по итогам Советско-финской (Зимней) войны и Великой Отечественной войны, были присоединены значительные территории Финляндии к Ленинградской и Мурманской областям, Карелии, а также часть Восточной Пруссии, ставшей Калининградской областью. Старейшая в России действующая ГЭС – Озёрская ГЭС в Калининградской области (рис. 1)<sup>8</sup>. Станция построена в 1880 г. немецкими силами на реке Анграпа. Изначально энергия воды крутила колесо водяных мельниц состоятельного гражданина Рихарда Вихерта, а в XIX в. осветила улицы и дома городов и посёлков. Электростанция – важный элемент для экономического развития всей инфраструктуры города и окраин. Вырабатываемая ГЭС электроэнергия обеспечивает до 40% потребностей жилого фонда города Озёрска. Здание станции одноэтажное, из кирпича, оштукатуренное. Здание мельницы выполнено из красного кирпича в стиле балтийской готики. Станция неоднократно реконструировалась, перестраивалась,

<sup>4</sup> Интернет-портал «Российской газеты». URL: <https://rg.ru/2021/10/05/reg-dfo/chekunkov-obiasnil-zachem-sozdavat-v-primore-novyj-gorod.html> (дата обращения: 15.10.2021).

<sup>5</sup> Информационное агентство REGNUM URL: <https://regnum.ru/news/economy/3362876.html> (дата обращения: 05.10.2021).

<sup>6</sup> Новости проектирования. URL: <https://dwgformat.ru/2020/11/25/istoriya-pervoj-v-rossii-gidroelektrostancii/> (дата обращения: 18.10.2021).

<sup>7</sup> История гидроэнергетики России / Слива И.В. Тверь: Тверская Типография, 2014. 304 с. ISBN 978-5-906006-05-9.

<sup>8</sup> Новостной портал Калининграда. Калининград 24. О чем молчат гиды: малоизвестные достопримечательности Калининградской области. URL: <http://kaliningrad-city24.ru/news/society/o-chem-molchat-gidy-maloizvestnye-dostoprimechatelnosti-kaliningradskoj-oblasti/> (дата обращения: 12.10.2021).

производилась замена основного оборудования. На смену некоторым материалам приходят новые решения, не всегда удачно отражающиеся на архитектуре исторического здания. Первоначально крышу здания покрывала немецкая керамическая черепица. После реконструкции на крыше – металлочерепица. Смешение архитектурных стилей характерно для Калининграда. В архитектуре зданий энергетики преобладает эклектика. Архитектура гидроэлектростанции органично вписывалась в сложившуюся городскую застройку и является объектом культурного наследия местного значения.

Сложные элементы фасадов всё больше появлялись в архитектуре. Элементы «итальянского ренессанса», барочные вариации стали обычным явлением для электростанций XIX–XX вв. В наше время таким постройкам придаётся конструктивное и национально-историческое значение, и они входят в реестр объектов культурного наследия.

Электрификация страны повлияла на развитие архитектурной практики в промышленном проектировании. 22 декабря 1920 г. – важная дата советской энергетики. На VIII Всероссийском съезде Советов в Москве был утверждён план Государственной электрификации России (ГОЭЛРО)<sup>9</sup>. Первые результаты его реализации были получены уже во второй половине 1920-х гг. Широкое использование огромных гидроэнергоресурсов страны являлось одной из основных идей плана. Передовые архитекторы создавали творческие коллективы с инженерами и энергетиками. Архитектурная часть всё больше переплеталась с инженерными решениями.



Рис. 1. Озёрская ГЭС, г. Озёрск, Калининградская область, Россия

Первая гидроэлектростанция, реализованная в рамках плана ГОЭЛРО – Волховская ГЭС. Выдающиеся русские инженеры Б.Ю. Калинович и Г.Г. Кривошеин выполнили эскизный проект по использованию гидроресурсов реки Волхов ещё в 1902 году.<sup>10</sup> Однако положительная резолюция на строительство была принята только 16 сентября 1921 года. Талантливый Г.О. Графтио был назначен главным инженером Волховстроя. Поиск архитектурных решений затруднялся, так как ранее аналогичные проекты ГЭС не выполнялись. Русский архитектор, воспитанник Академии художеств в Петербурге – О.Р. Мунц – был назначен руководителем архитектурного проектирования и наблюдал за правильным выполнением архитектурно-строительных работ на месте. Правильное

<sup>9</sup> Музей Москвы. Электрификация. 100 лет плану ГОЭЛРО.

URL: <https://mosmuseum.ru/exhibitions/p/goelro/> (дата обращения: 18.10.2021).

<sup>10</sup> Лисовский В.Г. Архитектор О.Р. Мунц // Ленинградская панорама. 1988. №11. С. 22–24. ISSN: 0233-7010

понимание конструктивных и производственных требований в сочетании с успешным решением разнообразных и сложных задач архитектурного оформления инженерных заданий позволили создать уникальный памятник промышленной архитектуры. Основой композиционных решений в проектах О.Р. Мунца всегда оставалась функциональная основа здания. Пространственная структура зданий и сооружений Волховской ГЭС, их конструкция, пластика, материалы логично соединены в гармоничную архитектурную композицию. Торжественное открытие Волховской ГЭС состоялось 19 декабря 1926 г.<sup>11</sup>

Архитектура Волховской ГЭС и главной понижающей подстанции на Полкостровском проспекте – образец неоромантического направления, зародившегося в промышленной архитектуре предреволюционного периода. Главное здание ГЭС с девятью большими закругленными окнами-арками, освещающими машинный зал, помещено на девяти железобетонных арках, служащих эстакадой, отличается ритмичностью, четкостью форм и функциональностью (рис. 2).



Рис. 2. Волховская ГЭС, г. Волхов, Ленинградская область, Россия

Здание главной подстанции и истоки её архитектурного решения О. Р. Мунц характеризует следующим образом: «Внешность здания вытекает из плана и заданных высот помещений. Башня является естественным связующим звеном как в плане, так и в фасадах. Архитектурные формы очень просты. Облик здания характеризуется главным образом игрою масс и оконных пятен. В обработку фасадов введён местами тёсанный камень (Путиловская плита), частью из конструктивных, частью из декоративных соображений <...> Следует заметить, что в облике здания не преследовался, конечно, какой-либо исторический стиль. Однако гладкие кирпичные стены с прокладными плитами и отдельными вставками из камня, прямоугольная в плане башня, поднимающаяся без уступов и утонения до самого своего завершения, а также форма и распределение окон – всё это, вместе взятое, вполне отвечая конструкции и не неся в себе ничего ложно декоративного, несколько напоминает кирпичные средневековые постройки Северной Италии...».<sup>12</sup> В настоящее время Волховская ГЭС является базовым источником электроснабжения и обеспечивает стабильное электроснабжение Ленинградской области.

Выдающимися по мировым меркам гидроэлектростанциями являются Днепроовская и Рыбинская. Рыбинский гидроузел занимает одно из важнейших мест в архитектуре. В

<sup>11</sup> Официальный сайт ПАО «ТГК-1». Музей истории энергетики Северо-Запада. Волховская ГЭС. URL: <http://www.energomuseum.ru/stations/spb/volkhovskaja-gehs/> (дата обращения: 12.10.2021).

<sup>12</sup> Лисовский В.Г. Оскар Мунц // Зодчие Санкт-Петербурга XX век. Санкт-Петербург: Лениздат, 2000. С. 30-42.

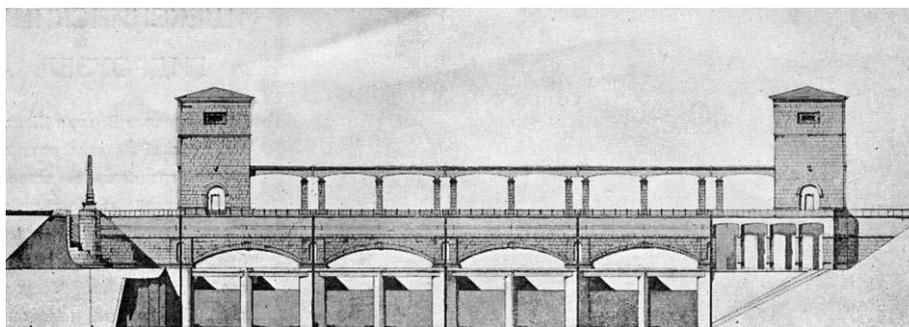
состав зданий и сооружений гидроузла входят: плотины, здание ГЭС, шлюзы, здание механизмов водоприёмника (рис. 3). Решение о строительстве ГЭС и создании Рыбинского водохранилища было принято 14 сентября 1935 г.<sup>13</sup> Главным архитектором основных сооружений Рыбинского шлюза стал Г.В. Гориневский, а художественным оформлением занимались архитекторы Дмитрий Савицкий, Моисей Шпекторов и М.И. Богданов<sup>14</sup>. В обработке деталей ГЭС, шлюза, плотины, железобетонной эстакады занимает большое место живопись, скульптура, оформление территории и парапетов шлюза<sup>15</sup>. Из естественных материалов применён: гранит, гранитная штукатурка, красочные плитки. Комплекс зданий и сооружений выполнен в светлых тонах под белый камень. Светлое здание гидростанции, высокие тридцатиметровые башни с мостиками в сочетании с массивными стенами с арочными проемами придают ансамблю торжественную монументальность. Озелененные откосы, сходы и лестницы, малые архитектурные формы, скульптуры на фоне канала и водохранилища дополняют панораму города Рыбинска. Ансамбль Рыбинской ГЭС, даже спустя 70 лет после завершения строительства, продолжает вырабатывать электроэнергию и является памятником градостроительства и архитектуры<sup>16</sup>.



а)



б)



в)

Рис. 3. Рыбинский гидроузел, г. Рыбинск, Ярославская область, Россия: а) ансамбль Рыбинской ГЭС; б) шлюзы; в) плотина №2. Фасад с нижнего бьефа

<sup>13</sup> Официальный портал органов государственной власти Ярославской области. URL: <https://www.yarregion.ru/depts/dookn/tmpPages/news.aspx?newsID=57> (дата обращения: 15.10.2021).

<sup>14</sup> Официальный сайт Канала им. Москвы. URL: <https://kim-online.ru/page/ob-uchrezhdenii/filialy/rybinskij-rajon-gidrotekhnicheskikh-sooruzhenij> (дата обращения: 17.10.2021).

<sup>15</sup> Бобылев В.А. Архитектура сооружений Волгостроя / Специальный выпуск газеты «Большая Волга» – Рыбинск-Переборы: Центральная типография Волгостроя НКВД СССР, 1939. 19 с.

<sup>16</sup> Официальный сайт Министерства культуры Российской Федерации. URL: <https://opendata.mkrf.ru/opendata> (дата обращения: 16.10.2021).

Одной из форм градостроительного развития исторической среды является реконструкция. Большинство действующих ГЭС построено в середине XX в. К началу XXI в. возникла необходимость модернизации и замены оборудования. При реконструкции и модернизации ГЭС первоочередной целью является восстановление функциональных качеств здания, а не его внешнего вида, что может негативно сказываться на архитектуре гидроэлектростанций XX в., не являющихся объектами культурного наследия. Каждая гидроэлектростанция имеет свою историю, архитектурный облик, состав сооружений, поэтому при реконструкции нужен индивидуальный подход.

Исходя из опыта реализации объектов, когда речь заходит о строительстве нового объекта или реконструкции ансамбля ГЭС в сложившейся исторической структуре, встаёт вопрос об архитектуре. Архитектурное наследие – это часть нашей культуры, уникальная эстетическая ценность, базис и фундамент современных архитекторов. Конечно, не должно быть и речи о постройке нового здания вместо исторического. Оберегать, реставрировать и по возможности сохранять исторические здания и сооружения объектов гидроэнергетики необходимо. Современная архитектура может дополнить историческую среду и выгодно контрастировать с застройкой прошлых веков. Нужно только пересмотреть взгляды и глубже вникнуть в сложившиеся инженерные решения объектов электрогенерации.

Главная концепция при реконструкции – сохранить и открыть посетителям всё, что можно сохранить. Первые проекты комплексной модернизации представляют восстановление Саяно-Шушенской и модернизацию Баксанской ГЭС.

Баксанская ГЭС – старейшая ГЭС Северного Кавказа, введённая в эксплуатацию в 1938 г., построенная по плану ГОЭЛРО<sup>17</sup>. До 1950 г. – крупнейшая ГЭС Кавказа. Баксанская ГЭС, построенная по деривационному типу, относится к средненапорным станциям. Это сложный гидротехнический ансамбль, состоящий из следующих зданий и сооружений: здание ГЭС с административно-бытовым корпусом, холостой водосброс, водоприёмник, площадка ОРУ 110 кВ., три турбинных водовода, головной водозаборный узел, деривация, составляющая более 10 километров, открытый канал, три туннельных комплекса с акведуками. Станция пережила Великую Отечественную войну и реконструкцию (1943–1947 гг.), замену первого агрегата с целью опробирования модели турбины для будущей Красноярской ГЭС (1962 г.), стихийные бедствия и устранение их последствий (1963–1976 гг.), теракт – взрыв (2010 г.). Ансамбль Баксанской ГЭС имеет неповторимый архитектурный образ, является памятником истории регионального значения<sup>18</sup>. Решение о полномасштабной реконструкции принято Правительством РФ в 2010 г. Перед архитекторами и инженерами стояла непростая задача – изменение конструктивных и объёмно-планировочных решений в связи с потерей несущей способности элементов каркаса, заменой оборудования и инженерных систем, новой компоновки гидросилового оборудования, но с максимальной сохранностью исторического облика. Объёмно-планировочные решения приводились в соответствие с современными нормами. Особое внимание уделялось экологической и производственной безопасности. Применение высокотехнологичных материалов для внешней и внутренней отделки, оснащение современными системами электроснабжения, водоснабжения, водоотведения, отопления, вентиляции и кондиционирования, пожаротушения не только продлили срок службы электростанции, улучшили технико-экономические показатели, но и позволили специалистам приобрести опыт для учёта в будущих проектах. После комплексной реконструкции и модернизации станция увеличила генерируемую мощность и работает по настоящее время (рис. 4). Станция играет большую роль в энергообеспечении Ставропольского края.

<sup>17</sup> Официальный сайт ПАО «РусГидро». Баксанская ГЭС: общие сведения. URL: <http://www.rushydro.ru/press/material/F71D5D0> (дата обращения: 16.10.2021).

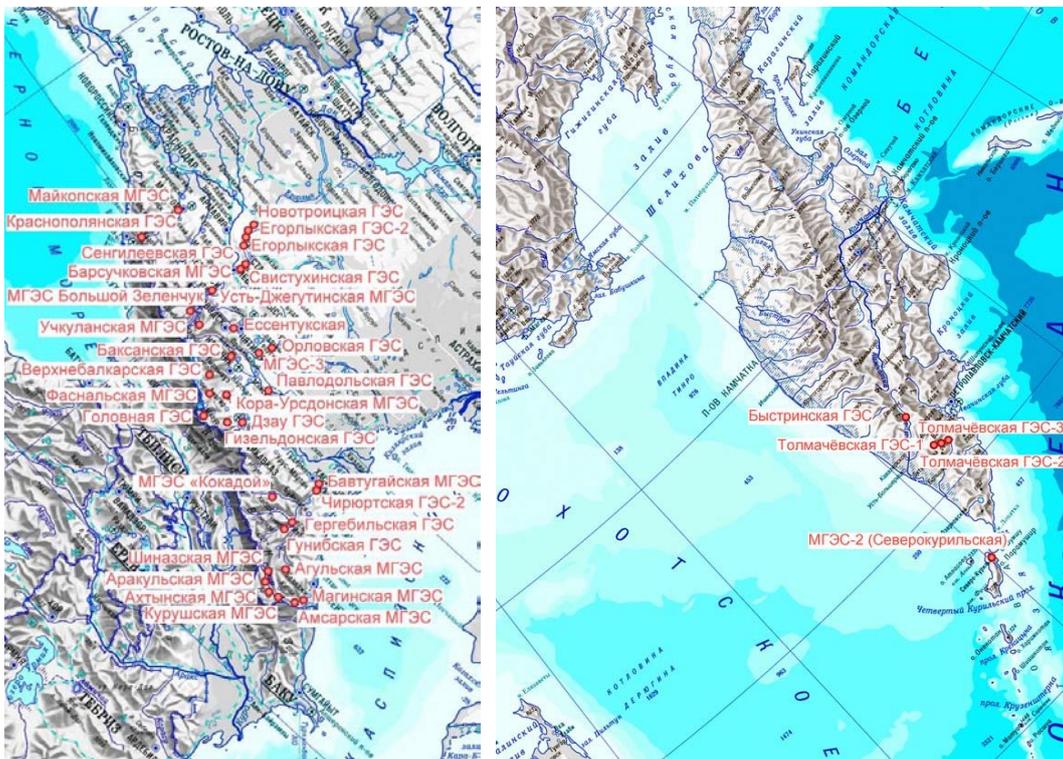
<sup>18</sup> URL: <https://opendata.mkrf.ru/opendata> (дата обращения: 16.10.2021).



Рис. 4. Баксанская ГЭС, Кабардино-Балкарская республика, Россия

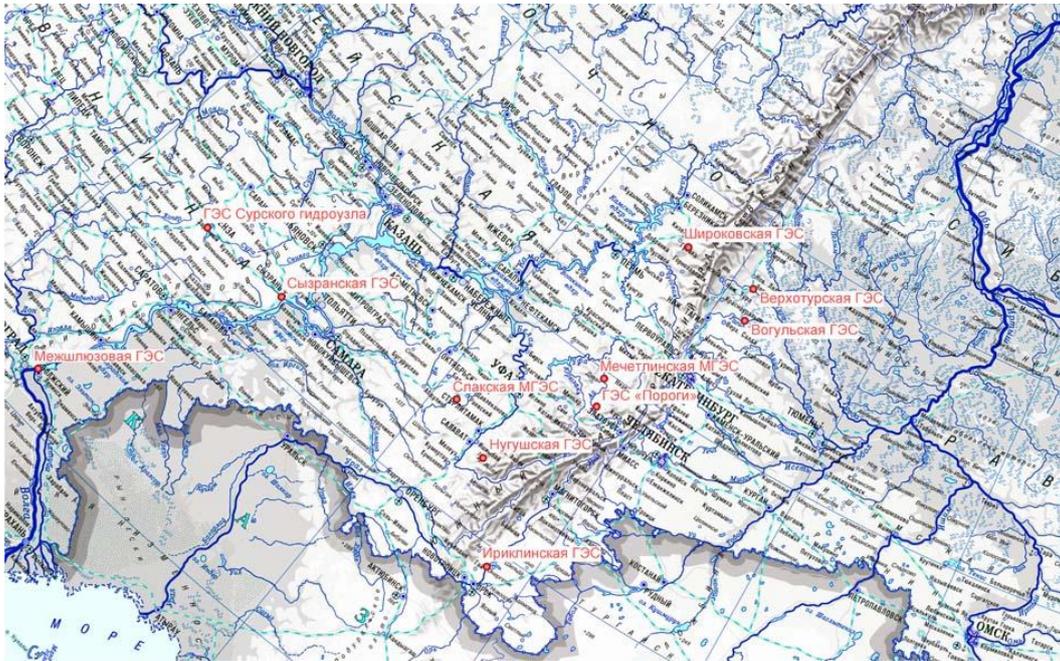
Современные ГЭС представляют собой сложный архитектурный ансамбль. После выбора площадки размещения зданий и сооружений ГЭС изучаются особенности земельного участка и прилегающих территорий, далее выполняется эскизное проектирование компоновки зданий и сооружений с использованием объектов-аналогов. Компоновочные решения зависят от способа создания напора, учитываются результаты изысканий. Типы конструкции зданий и сооружений ГЭС зависят от природных условий, инженерных решений по компоновке основного и вспомогательного оборудования. Работа архитектора по проектированию ГЭС заключается в непрерывном взаимодействии с другими специалистами – гидротехниками и инженерами.

В России около 100 действующих МГЭС, установленной мощностью до 30 МВт (рис. 5).

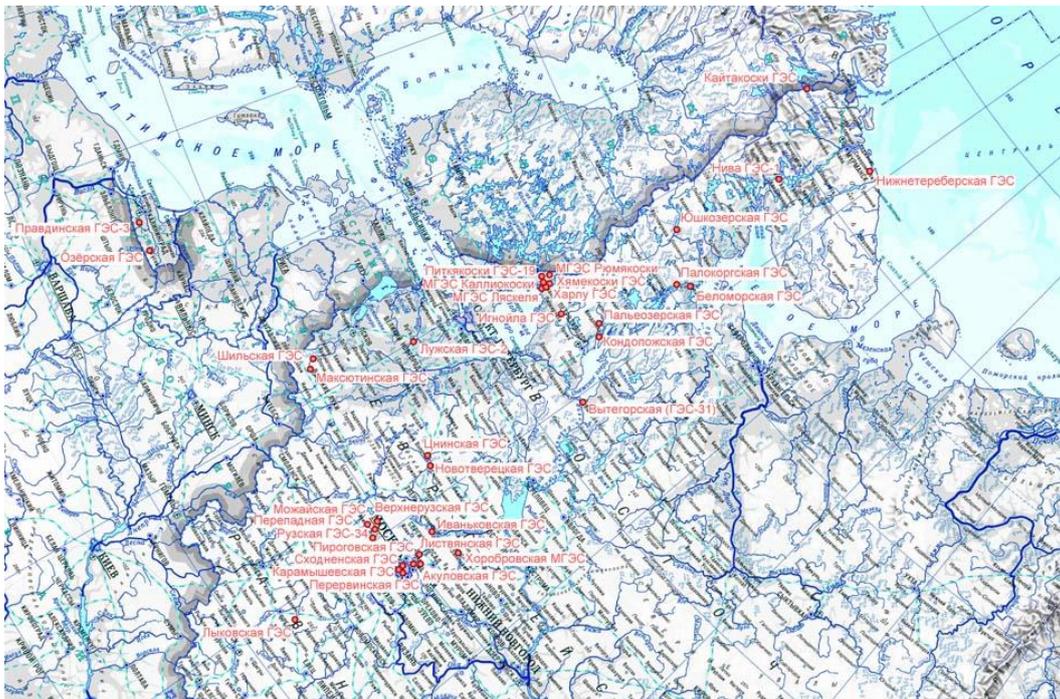


а)

б)



в)



г)

Рис. 5. Действующие малые ГЭС России: а) малые ГЭС Северного Кавказа; б) малые ГЭС Камчатского края; в) малые ГЭС Западной Сибири и Приволжского Федерального округа; г) малые ГЭС Европейской части России

Архитектура зданий гидроэлектростанций конца XX – начала XXI вв. отражает развитие науки, общества, высокотехнологичных разработок, применение цифровых и компьютерных технологий. Новые строительные материалы способствуют выявлению архитектурно-конструктивного потенциала и формообразующих возможностей при проектировании ансамбля ГЭС. Одно остается неизменным – на первом плане всегда

стояла и стоит функциональность и экономичность зданий и сооружений ГЭС, и лишь затем – его эстетические аспекты.

Исходя из опыта проектирования и реализации ГЭС выявлены проблемы архитектуры гидроэнергетического комплекса Российской Федерации:

- зависимость от импорта оборудования, программного обеспечения, материалов;
- зависимость от объёма спроса на традиционные ресурсы;
- высокий уровень неопределённости и зависимость от внешних факторов: климатических, социальных, культурных, научных, технических;
- уязвимость объектов в связи с недостаточным уровнем автоматизации и слабым инвестированием;
- несовершенство системы автоматизированного проектирования, часто система проектирования основана на двухмерном проектировании, а не трёхмерном моделировании;
- отсутствие единой системы хранения исполнительной документации, поддержания актуальности документации, что вызывает необходимость дополнительных обследований объектов.

Здание ГЭС можно разделить на две основные части: подводная гидротехническая часть и верхнее строение. Совокупность производственных процессов определяют архитектурно-планировочные решения (состав помещений, их компоновку, этажность). В работе ГЭС задействованы люди. Эффективность и организация работы персонала, физический и психологический комфорт на производстве, удобство передвижения, и, в случае необходимости, эвакуация – невидимая, но имеющее большое значение часть работы архитектора. Разработке эстетических вопросов, красоте ансамбля уделяется 5-10%. Архитектору нужно стремиться к упрощению компоновки и объёмно-планировочных решений ГЭС без потери критериев качества, архитектурной выразительности и безопасности. Использование местных материалов позволит снизить стоимость строительства.

Создание объектов гибридной генерации сегодня активно реализуется на гидроузлах во многих странах. Первый проект станции с гибридной генерацией в России был реализован на Нижне-Бурейской ГЭС в Амурской области. Солнечные модули органично вписались в ансамбль действующего гидроузла. Это первый опыт одновременной эксплуатации двух объектов генерации: гидроэлектростанции и СЭС. МГЭС с гибридной генерацией отсутствуют в настоящее время в России. Совмещение мощности ГЭС с другими источниками энергии позволяет оптимально и компактно использовать земельный фонд для нужд энергетики без расширения территории, существующую электросетевую и транспортную инфраструктуру, не привлекать дополнительный персонал. Солнечные панели могут быть не только незаметно интегрированы в пространство гидроузла, но и стать элементом дизайна в уникальном образе ГЭС. Окна с витражами, созданными из солнечных панелей, могут составлять ритм. Здание выиграет от экономии энергии и естественного освещения и станет «собственным» автономным производителем энергии.

Большинство ГЭС сосредоточено на территории Северного Кавказа, это зона с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Расчётная сейсмичность площадки строительства может составлять 7–9 баллов. Строительство в подобных условиях связано с мероприятиями: разделение здания антисейсмическими и деформационными швами, создание расчётной модели, отражающей условия работы верхнего строения, отвечающей особым сочетаниям нагрузок, выбор конструктивной схемы, устройство ядер жёсткости, устройство шарнирных примыканий к стенам и перекрытию, узлы крепления ограждающих конструкций, не препятствующие смещениям каркаса, устройство металлических стоек в перегородках, шарнирно закреплённых к перекрытию.

Переходя к факторам, влияющим на формирование объемно-планировочных решений, необходимо отметить, что в проектировании подобных современных ГЭС и их реконструкции за границей прослеживается индивидуальность каждого проекта ГЭС, интеграция в ландшафт, ограниченное воздействие на окружающую среду, поиск новых материалов и форм, комбинирование гидротехники с другими ВИЭ.

ГЭС Проаза (Испания) возведена в 1964 г., над проектом работал архитектор Хоакин Вакеро Паласиосу (рис. 6)<sup>19</sup>. Особое внимание уделялось интеграции здания в ландшафт, игре света и тени. Это успешный проект, в котором гармонично сочетается архитектура, инженерия, живопись и скульптура. План этажа представляет собой прямоугольник размером 36×12 метров с колоннами через каждые 4 метра. Верхнее строение имеет три этажа и три подземных уровня. Здание отличается монументальностью, имеет граненый фасад как абстрактное изображение гор окружающего ландшафта. Торцевые фасады оставлены плоскими.



Рис. 6. Proaza Power Plant, Испания, 1964 г. Архитектор: Хоакин Вакеро Паласиос

Пример современной, удачно интегрированной в природу малой гидроэлектростанции – Øvre Forsland Kraftverk в Норвегии (рис. 7а)<sup>20</sup>. Вертикальные полосы ассоциируются с вертикальными стволами деревьев елового леса. Перед гидроэлектростанцией организована площадка, где размещена информация об объекте электрогенерации. Открытие состоялось в 2015 г. В дизайне здания отражено вдохновение природой и окрестностями. Объект стал достопримечательностью и местом для пеших прогулок. В связи с повышенным интересом школ, компаний, туристов для комфортного посещения ГЭС построено отдельное здание для посетителей станции (рис. 7б). В здании предусмотрен конференц-зал, кафе, кухня, санитарно-бытовые помещения.

Ландшафтный парк становится неотъемлемой частью станционного узла ГЭС. Развивается новый подход к организации генеральных планов и благоустройства территории. Значительное внимание уделяется зонам отдыха на территории гидроузла. Цели создания ландшафтных парков на территории ГЭС: охрана окружающей среды, рекреационная, культурно-просветительная, историко-этнографическая, исследовательская.

<sup>19</sup> Freews productions company / Proaza Hydroelectric Power Plant.

URL: <https://patrimoniuindustrial.com/en/fichas/proaza-power-plant/> (дата обращения: 13.10.2021).

<sup>20</sup> Stein Hamre arkitektkontor as / Øvre Forsland Kraftverk. URL: <https://shaas.no/prosjekter/ovre-forsland-kraftverk/> (дата обращения: 15.10.2021).



а)

б)

Рис. 7. Гидроэлектростанция Øvre Forsland Kraftverk, Верхний Форсланд, Лейр-фьорд, Норвегия: а) здание МГЭС; б) здание посетителей станции

Также можно отметить, что лозунг «Автомобиль – не роскошь, а средство передвижения», описанный в 1931 г. писателями Ильфом и Петровым, не потерял актуальности. В связи с этим необходимо решение вопросов с организацией площадок для парковки личного автотранспорта работников станции и руководящего состава. Гидроузел отличается большими открытыми пространствами, важно исключать визуальные преграды и ненавязчиво интегрировать элементы комплексной системы безопасности. Развитие промышленного туризма будет сопровождаться и развитием туристической инфраструктуры ГЭС.

Активно внедряющиеся цифровые технологии, такие как виртуальная реальность, 3D и 4D моделинг, 3D печать, BIM-технологии, искусственный интеллект оказывают влияние на все сферы жизни, в том числе и архитектуру ГЭС. Ещё в конце XX в. процесс архитектурного проектирования гидроэлектростанций шёл на кульманах с использованием шаблонного метода, переход на автоматизированные системы проектирования не изменили подход к проектированию на 3D. Выпуск чертежей, любые изменения в концепции, объёмно-планировочных решениях, отделочных материалах зданий и сооружений ГЭС требовали много времени на внесение изменений в документацию. Таким образом, творческая составляющая процесса проектирования отступала на второй план. Параметрическая архитектура – современный подход к архитектуре будущих ГЭС и элементов благоустройства территории. Справедливо, что ни один компьютер не заменит человеческую идею, творческую составляющую.

Однако только комплексный подход к проектированию привнесёт значительный вклад в развитие архитектуры ансамбля ГЭС. В этих целях необходимо выявить и изучить факторы, влияющие на формирование устойчивого развития территорий промышленных зданий, сооружений и их комплексов, в том числе ансамблей ГЭС:

- климатические и региональные особенности;
- технологические;
- индивидуальность каждого проекта;
- мировой опыт проектирования;
- развитие туризма на площадках ГЭС, обуславливающее интеграцию общественных функций в структуру гидроузла.

Учёт факторов формирует принципы устойчивого развития территории гидроузла.

Таким образом, на основе вышесказанного определены основные тенденции развития архитектуры ГЭС:

- развитие малой энергетики, генерация «чистой энергии» становится приоритетом в развитии энергетики страны;
- раскрытие потенциала малых рек будет способствовать активному освоению территорий Северного Кавказа, Сибири и Дальнего Востока;
- совмещение мощности ГЭС с другими источниками энергии и интеграция их в архитектуру гидроузла;
- повышение реалистичности и точности архитектурного проектирования ансамбля ГЭС благодаря компьютерным технологиям;
- выявление архитектурно-конструктивного потенциала и формообразующих возможностей ансамбля гидротехнических зданий и сооружений;
- минимальное негативное воздействие на окружающую среду, особое внимание к экологической безопасности действующих и создаваемых объектов гидрогенерации;
- развитие туризма на ГЭС и новый подход к моделям зонирования и формообразования. Возрастание роли рекреационных, выставочных пространств в архитектурно-планировочной системе гидроузла.

### Источники иллюстраций

Рис. 1. URL: <http://kaliningrad-city24.ru/wp-content/uploads/2017/03/305.jpg> (дата обращения: 15.10.2021).

Рис. 2. URL:

[https://www.tgc1.ru/fileadmin/\\_processed\\_/e/d/csm\\_volkhovskaja\\_gehs\\_hdr\\_small\\_0ae87f1403.jpg](https://www.tgc1.ru/fileadmin/_processed_/e/d/csm_volkhovskaja_gehs_hdr_small_0ae87f1403.jpg) (дата обращения: 16.10.2021).

Рис. 3а. URL:

<https://www.yarregion.ru/depts/dookn/newsPics/%D0%93%D0%AD%D0%A12.png> (дата обращения: 11.10.2021).

Рис. 3б. URL: <https://fleetphoto.ru/photo/02/53/66/253665.jpg> (дата обращения: 11.10.2021).

Рис. 3в. URL: <http://tehne.com/assets/i/upload/event/arhitektura-sooruzhenii-volgostroia-1939-13-1.jpg> (дата обращения: 11.10.2021).

Рис. 4. URL: <https://www.flickr.com/photos/156871562@N07/50086841688/in/album-72157715008285042/> (дата обращения: 15.10.2021).

Рис. 5а–г. Рисунок автора

Рис. 6. URL: [http://hiddenarchitecture.net/wp-content/uploads/2017/04/centralhidraulica\\_01-1024x678.jpg](http://hiddenarchitecture.net/wp-content/uploads/2017/04/centralhidraulica_01-1024x678.jpg) (дата обращения: 18.10.2021).

Рис. 7а. URL: [https://shaas.no/wp-content/uploads/bilde\\_kraftstasjon\\_km08-scaled.jpg](https://shaas.no/wp-content/uploads/bilde_kraftstasjon_km08-scaled.jpg) (дата обращения: 16.10.2021).

Рис. 7б. URL: [https://shaas.no/wp-content/uploads/bilde\\_kraftstasjon\\_km06-scaled.jpg](https://shaas.no/wp-content/uploads/bilde_kraftstasjon_km06-scaled.jpg) (дата обращения: 16.10.2021).

### Список источников

1. Бурдин Е.А. Волжский каскад ГЭС: триумф и трагедия России. Москва: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2011. 398 с. ISBN 978-5-8243-1564-6.
2. Бурдин Е.А. Гидростроительство в России: от Самарского Волгостроя к Большой Волге (1930-1980 гг.). Ульяновск: Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова (УлГПУ), 2010. 222 с. ISBN 978-5-86045-392-0

### References

1. Burdin E.A. *Volzhskii kaskad GES: triumf i tragediya Rossii* [Volzhsky cascade of hydroelectric power station: triumph and tragedy of Russia]. Moscow, 2011, 398 p. ISBN 978-5-8243-1564-6.

2. Burdin E.A. *Gidrostroitel'stvo v Rossii: ot samarskogo Volgostroya k Bol'shoi Volge (1930-1980 gg.)* [The water engineering in Russia: Samara Volgostroy to the Great Volga (1930-1980)]. Ulyanovsk, 2010, 222 p. ISBN 978-5-86045-392-0.

## ОБ АВТОРАХ

### **Волкова Екатерина Олеговна**

Аспирант кафедры «Архитектура», Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия;

Руководитель группы архитектурного отдела АО «Мособлгидропроект»

[ekaterinaone@yandex.ru](mailto:ekaterinaone@yandex.ru)

### **Ильвицкая Светлана Валерьевна**

Доктор архитектуры, профессор, заведующий кафедры «Архитектура», Государственный университет по землеустройству, Москва, Россия

[ilvitskaya@mail.ru](mailto:ilvitskaya@mail.ru)

## ABOUT THE AUTHORS

### **Volkova Ekaterina O.**

Postgraduate Student, Chair «Architecture», State University of Land Use Planning, Moscow, Russia;

Head of the Architectural Department of JSC Mosoblhydroproject, Dedovsk, Russia

[ekaterinaone@yandex.ru](mailto:ekaterinaone@yandex.ru)

### **Ilvitskaya Svetlana V.**

Doctor of Architecture, Professor, Head of Department of «Architecture», State University of Land Use Planning, Moscow, Russia

[ilvitskaya@mail.ru](mailto:ilvitskaya@mail.ru)