

621.511
H-536

П.С. НЕПОРОЖНИЙ

ГИДРО- ЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ И ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

«ЭНЕРГИЯ»

«...рассмотреть конкретные вопросы, касающиеся дальнейшего социально-экономического развития районов Сибири и Дальнего Востока, которые поставлены товарищем Л. И. Брежневым в ходе его поездки.»

Об итогах поездки
Л. И. Брежнева
в районы Сибири
и Дальнего Востока

СТОК
ТА

ЫТЬ
ОЗЖЕ
СРОКА

М

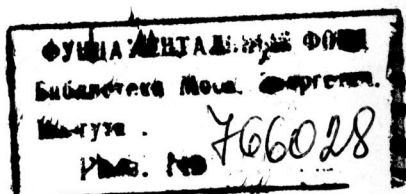
П. С. НЕПОРОЖНИЙ

ГИДРО- ЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

НТБ МЭИ



1265575



МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1979

~~ББК 31.57~~
Н 53 **6**
~~УДК~~ 621.311

Непорожний П. С.

Н 53 Гидроэнергетика Сибири и Дальнего Востока. —
М.: Энергия, 1979. — 152 с., ил.

50 к.

В книге дана характеристика современного состояния гидроэнергетики Сибири и Дальнего Востока. Приведены основные параметры, конструктивные решения и технико-экономические показатели наиболее крупных гидроэлектростанций, дано описание основных этапов их строительства. Рассмотрены предпосылки развития гидроэнергетики Сибири и Дальнего Востока, по наиболее перспективным речным бассейнам приведена характеристика гидроэнергетических ресурсов. Особое внимание уделено народнохозяйственному значению гидроэнергетического строительства в восточных районах страны в свете положений и выводов, данных товарищем Л. И. Брежневым в выступлениях во время поездки в районы Сибири и Дальнего Востока.

Автор книги П. С. Непорожний — министр энергетики и электрификации СССР, член-корреспондент АН СССР.

Книга рассчитана на широкий круг энергетиков и строителей, а также может быть полезна преподавателям и студентам энергетических учебных заведений.

Н 30314-490 БЗ 61-12-78. 2305010000
051(01)-79

ББК 31.57
6П2.11

ПРЕДИСЛОВИЕ

Советский Союз является одной из ведущих стран мира по уровню гидроэнергетического строительства. Развитие гидроэнергетики в нашей стране началось после Великой Октябрьской социалистической революции. В ленинском плане ГОЭЛРО вопросам использования водных сил был специально посвящен раздел «В. Электрификация и водная энергия». Уже тогда в плане было указано, что главная доля среди источников водной энергии в РСФСР приходится на Сибирь и было обращено внимание на организующую роль гидроэнергетики в комплексном использовании водных ресурсов.

С того времени гидроэнергетика прошла большой путь. В настоящее время гидроэнергетика в СССР является одной из важнейших подотраслей электроэнергетики и водного хозяйства. Около 20% промышленно-производственных фондов в электроэнергетике сосредоточено на гидроэлектростанциях. Прибыль от реализации электроэнергии, вырабатываемой на гидроэлектростанциях, составляет более 40% всей прибыли, получаемой от производства электрической и тепловой энергии в стране. Кроме выработки электроэнергии гидроэлектростанции используются для регулирования частоты и мощности, выполнения функций оперативного резерва энергетических систем, что в целом способствует существенному повышению надежности энергоснабжения.

Огромно значение водохранилищ гидроэлектростанций и в водном хозяйстве страны. Построенные в бассейнах рек Волги, Днепра, Амударьи и Сырдарьи водохранилища гидроэлектростанций создали предпосылки для орошения более 10 млн. га сельскохозяйственных земель. Свыше 60% всего объема перевозок по внутренним водным путям страны осуществляется по водохранилищам гидроэлектростанций. Размещение многих промышленных объектов и крупных территориально-

производственных комплексов в Восточной Сибири определялось наличием водохранилищ.

Решения XXIV и XXV съездов КПСС предусматривают высокие темпы роста экономики районов Сибири и Дальнего Востока, необходимость комплексного освоения их природных ресурсов, повышение роли восточных районов в общесоюзном производстве промышленной продукции. На необходимость ускоренного вовлечения в хозяйственный оборот природных богатств Сибири и Дальнего Востока было обращено внимание Генеральным секретарем ЦК КПСС, Председателем Президиума Верховного Совета СССР товарищем Л. И. Брежневым во время его поездки в восточные районы страны. Все это обуславливает повышенный интерес энергостроителей к освоению топливно-энергетических и, в частности, гидроэнергетических ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Настоящая книга ставит задачу ознакомить читателей с современным состоянием развития гидроэнергетики в Сибири и на Дальнем Востоке, с ролью гидроэнергетического строительства в общем экономическом развитии этого региона страны, с особенностями проектных и конструктивных решений и организацией строительства по наиболее крупным гидроэлектростанциям, построенным и строящимся в этом регионе. В книге приводится описание схем гидроэнергетического использования основных речных бассейнов. Особое внимание уделено народнохозяйственному значению гидроэнергетического строительства на востоке страны.

При написании книги широко использованы фондовые материалы Всесоюзного ордена Ленина проектно-исследовательского и научно-исследовательского института Гидропроект имени С. Я. Жука. Подготовка этих материалов выполнена канд. техн. наук Б. Л. Бабуриным. Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам института Гидропроект имени С. Я. Жука Л. К. Доманскому и Г. К. Суханову, Центра научно-технической информации по энергетике и электрификации «Информ-энерго» А. В. Столярову, оказавшим большую помощь в отборе материалов.

Автор также выражает признательность инженерам В. И. Самошкину и Т. П. Доценко за ряд ценных советов и указаний, учтенных при редактировании книги.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Сибирь и Дальний Восток занимают более половины всей территории нашей страны. В этом крупнейшем регионе сосредоточены огромные природные богатства. Рационально использовать их для блага советских людей — задача большой государственной важности, решению которой партия и правительство уделяют серьезное внимание на протяжении всей истории развития Советского государства.

До Великой Октябрьской социалистической революции уровень промышленного развития Сибири был крайне низким. На огромных пространствах к югу от Омска и к северу от Томска царили «патриархальщина, полудикость и самая настоящая дикость»¹. В 1913 г. доля продукции фабрично-заводской промышленности Сибири составляла лишь 1,5% промышленного производства России. Доля Дальнего Востока в промышленном производстве была еще ниже.

Суровые климатические условия, слабая транспортная освоенность огромной территории, отсталость технического уровня развития промышленности царской России, отсутствие необходимого количества квалифицированных рабочих кадров создавали серьезные трудности в использовании природных богатств Сибири и Дальнего Востока — исконно русских регионов страны. Эффективное использование имеющихся здесь ресурсов стало возможным лишь после Великого Октября, когда были созданы мощные производительные силы, способные решать крупные народнохозяйственные задачи.

В настоящее время экономика нашей страны, как это сформулировано в Конституции СССР, составляет единый народнохозяйственный комплекс, охватывающий все звенья общественного производства, распределения и обмена на территории страны. Уровень и темпы его

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 43, с. 228.

развития на всех этапах экономического строительства в значительной степени определяются эффективным решением проблемы рационального размещения производительных сил.

Фундаментальные основы теории рационального размещения производительных сил выдвинуты и созданы еще в первые годы Советской власти В. И. Лениным. В 1918 г. в своем знаменитом «Наброске плана научно-технических работ» В. И. Ленин, ставя задачу реорганизации и подъема промышленности, писал: «В этот план должно входить: рациональное размещение промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта»¹.

К важнейшим принципам рационального размещения производительных сил, обеспечивающим достижение высокой эффективности социалистического хозяйства, В. И. Ленин относил «рациональное, с точки зрения новейшей наиболее крупной промышленности и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях»².

В. И. Ленин указывал, что «... В непосредственной связи с разделением труда вообще стоит... территориальное разделение труда, специализация отдельных районов на производстве одного продукта, иногда одного сорта продукта и даже известной части продукта»³.

Принцип комплексности в размещении производительных сил и социалистического разделения труда впервые лег в основу разработки плана ГОЭЛРО и первого государственного народнохозяйственного пятилетнего плана: «... СССР не может иначе строить и развивать свое народное хозяйство, как учитывая в полной мере все природные, экономические и национальные особенности своего обширного объединения и специализируя его отдельные части. Только этим путем и может быть достигнут наибольший коэффициент эффективности общественного труда»⁴.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 36, с. 228.

² Там же, с. 228.

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 3, с. 431.

⁴ Пятилетний план народнохозяйственного строительства СССР, т. III. М.: Плановое хозяйство, 1929, с. 9.

Советская экономическая наука внесла крупный вклад в решение проблем рационального размещения производительных сил страны, в решение задач региональной экономики, в совершенствование отраслевой и территориальной систем планирования народного хозяйства страны. К важнейшим результатам работ советских ученых-экономистов следует отнести обоснование необходимости использования комплексного подхода к развитию народного хозяйства всей страны и отдельных ее регионов. В практике хозяйственного строительства этот подход проявился прежде всего в разработке и реализации крупных многоотраслевых программ и в интенсивном формировании территориально-производственных комплексов (ТПК). В наибольшей степени это относится к районам Сибири и Дальнего Востока, огромный ресурсный потенциал которых обусловил постановку и постепенную реализацию грандиозных долговременных народнохозяйственных программ.

На большое значение развития территориально-производственных комплексов как прогрессивной формы размещения производительных сил в восточных районах страны указывал Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ Л. И. Брежнев во время своей поездки по районам Сибири и Дальнего Востока и на ноябрьском (1978 г.) Пленуме ЦК КПСС. Последовательная реализация долговременных программ экономического развития Сибири и Дальнего Востока является одним из главных направлений экономической политики партии и правительства и существенным фактором роста экономики страны в целом.

Надо сказать, что, приступая к широкому планомерному освоению Сибири и Дальнего Востока на современном этапе, партия, хозяйственные кадры имели перед собой проверенный практикой опыт создания крупных многоотраслевых производственных комплексов, базирующихся на сырьевых ресурсах определенных районов страны.

Первым крупным итогом реализации комплексной программы явилось создание Урало-Кузнецкой индустриальной базы на востоке страны, объединившей освоение и рациональное использование минерально-сырьевых и трудовых ресурсов Урала и Кузбасса. На этой основе был образован так называемый Урало-Кузнецкий ком-

бинат, о строительстве которого Г. М. Кржижановский говорил, что здесь впервые было опробовано оружие нашего планового социалистического строительства в масштабе, соответствующем его мировому значению. Разрешение проблемы Урало-Кузнецкого комбината явилось великим показом новых методов борьбы за социалистическую культуру, новых методов пробуждения крупных человеческих массивов к социалистической жизни путем мощного вооружения их материальными и энергетическими ресурсами.

В середине 50-х годов началось осуществление Ангаро-Енисейского энергопромышленного комплекса, предусматривавшего создание в Восточной Сибири электроемких производств на базе местных минерально-сырьевых и энергетических ресурсов. Дальнейшим развитием этого комплекса сейчас становится освоение уникального по масштабам Канско-Ачинского угольного бассейна и строительство на его базе группы мощных тепловых электростанций.

К крупной долговременной экономической и социальной программе следует отнести создание важнейшей нефтегазовой базы страны в Западной Сибири. В мировой экономике нет аналога темпам освоения Западно-Сибирского региона. За две пятилетки был достигнут годовой прирост добычи нефти от 1 млн. т почти до 150 млн. т. Для сравнения можно отметить, что в Урало-Поволжском районе достижение годовой добычи нефти в объеме 100 млн. т было осуществлено за 20 лет.

В настоящее время развернулись работы по строительству Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и хозяйственному освоению прилегающих районов.

В решении многих уже осуществленных, а также намечаемых программ хозяйственного освоения восточных районов страны гидроэнергетика играет значительную роль. Ее опережающему развитию способствуют высокие технико-экономические показатели гидроэнергетических объектов, комплексный характер использования речного стока.

Преимущества гидроэнергетического строительства приобретают особую важность в экономическом развитии Сибири и Дальнего Востока, для которых характерны суровые климатические условия, слабая транспортная освоенность многих регионов, малая плотность населения. В свою очередь особенности условий Сибири

И Дальнего Востока оказывают значительное влияние на конструктивные решения при строительстве гидроэлектростанций, методы организации строительства и в конечном итоге — на экономическую эффективность проводимого здесь гидроэнергетического строительства. Поэтому для оценки перспектив его развития, а также роли гидроэнергетики в дальнейшем экономическом развитии восточных районов нашей страны огромное значение имеет анализ накопленного к настоящему времени опыта научных исследований, организации изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации уникальных гидроэлектростанций Сибири и Дальнего Востока.

I. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ

Начало объединения действовавших в восточных районах страны энергетических систем в единую энергосистему Сибири было предусмотрено решениями XX съезда КПСС. В пятидесятые годы в Сибири началось грандиозное энергетическое строительство, основанное на использовании уникальных местных энергетических ресурсов. Объектами освоения стали гидроэлектростанции на Енисее и Ангаре и тепловые электростанции на базе угольных месторождений Кузнецкого, Иркутско-Черемховского и Канско-Ачинского бассейнов.

К 1960 г. в зоне влияния Объединенной энергетической системы (ОЭС) Сибири было создано и развивалось восемь энергетических систем — Иркутская, Красноярская, Кузбасская, Барнаульская, Томская, Новосибирская, Омская и Бурятская с суммарной установленной мощностью электростанций 5,6 млн. кВт. Однако лишь три энергосистемы — Омская, Новосибирская и Кузбасская — к этому времени были соединены между собой ВЛ 110 кВ, построенными для электрификации транссибирской железнодорожной магистрали. Подсоединение других энергосистем в дальнейшем также происходило по мере электрификации этой железнодорожной магистрали. Слабая связь на напряжении 110 кВ ограничивала возможность реализации всех преимуществ объединения энергетических систем. Для использования этих преимуществ необходимо было разработать и осуществить программу технического перевооружения межсистемных линий электропередачи на более высоком напряжении. Поэтому практически начало формирования Объединенной энергетической системы Сибири на этой основе было положено в 1960 г. объединением на напряжении 220 кВ Новосибирской и Кузбасской энергосистем. Это значительно повысило эксплуатационные возможности параллельной работы энергетических систем.

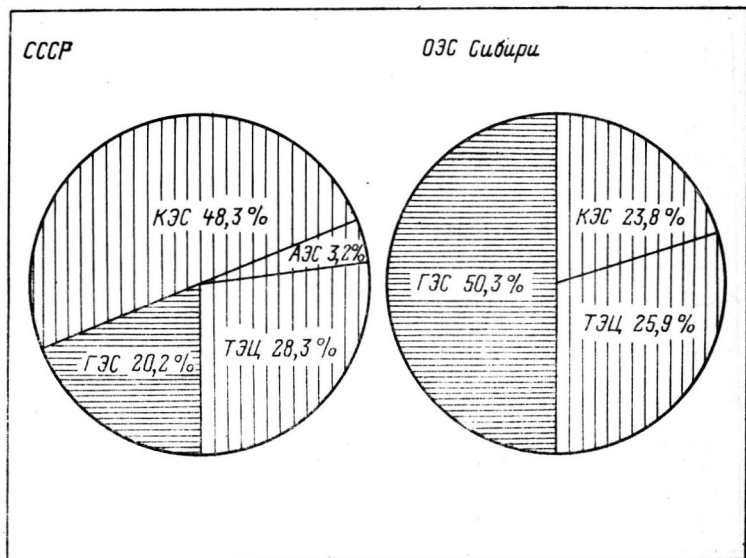
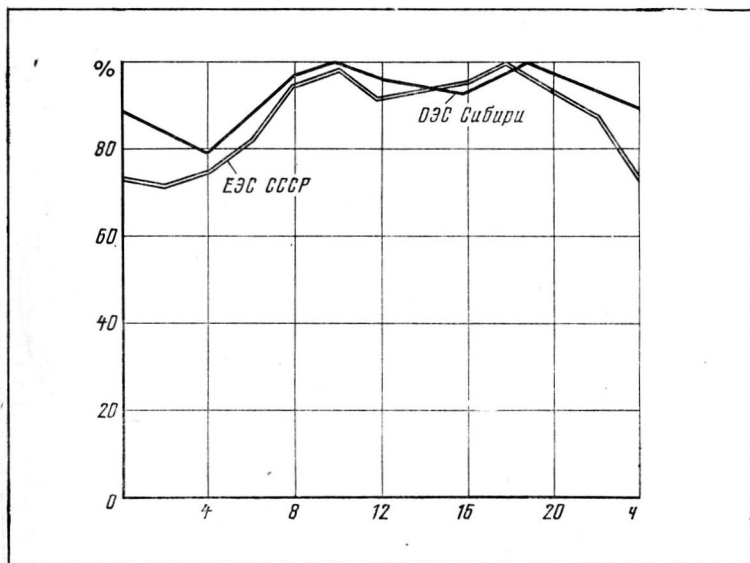


Диаграмма структуры энергетических мощностей.

К этому времени в европейской части страны уже действовала линия электропередачи на напряжении 500 кВ. Опыт ее создания с учетом специфических условий Сибири был использован при сооружении ВЛ 500 кВ Иркутск — Братск, которая была построена в 1961 г.

Кроме упомянутых выше энергосистем к ОЭС Сибири подсоединена Читинская энергосистема. В настоящее время ОЭС Сибири включена на параллельную работу с ОЭС Северного Казахстана и Урала, т. е. является звеном Единой энергетической системы (ЕЭС) СССР. Таким образом, зона влияния ОЭС Сибири распространяется на территорию площадью свыше 2,5 млн. км², т. е. более 1/10 всей территории СССР. Суммарная установленная мощность электростанций общего пользования в ОЭС Сибири к 1979 г. составила 31,3 млн. кВт, а выработка электроэнергии — 155,0 млрд. кВт·ч, т. е. около 13% выработки ЕЭС в целом. От Бурятской энергосистемы ВЛ 220 кВ выходит на территорию МНР и обеспечивает подачу электроэнергии в эту братскую социалистическую страну.



Суточные режимы электропотребления ЕЭС СССР и ОЭС Сибири.

Характерной особенностью структуры электропотребления в ОЭС Сибири является большой удельный вес (до 85%) промышленности и особенно электроемких производств. Поэтому и режимы электропотребления как в настоящее время, так и в перспективе отличаются большой плотностью годовых и суточных графиков нагрузки.

Число часов использования максимума нагрузки составляет 6500—6700 ч в год, плотность суточных графиков электрической нагрузки 0,93—0,94. Для энергосистем европейской части Союза эти цифры составляют соответственно в среднем 3560 ч и 0,797—0,92.

Значительно отличается от общесоюзной и структура энергетических мощностей. В ОЭС Сибири половину мощности всех электростанций составляют гидроэлектростанции, тогда как в целом по СССР в 1978 г. доля гидроэлектростанций в структуре всех электростанций составила лишь около 20%. В Сибири построены и эксплуатируются крупнейшие в мире Красноярская ГЭС имени 50-летия СССР, Братская ГЭС имени 50-летия

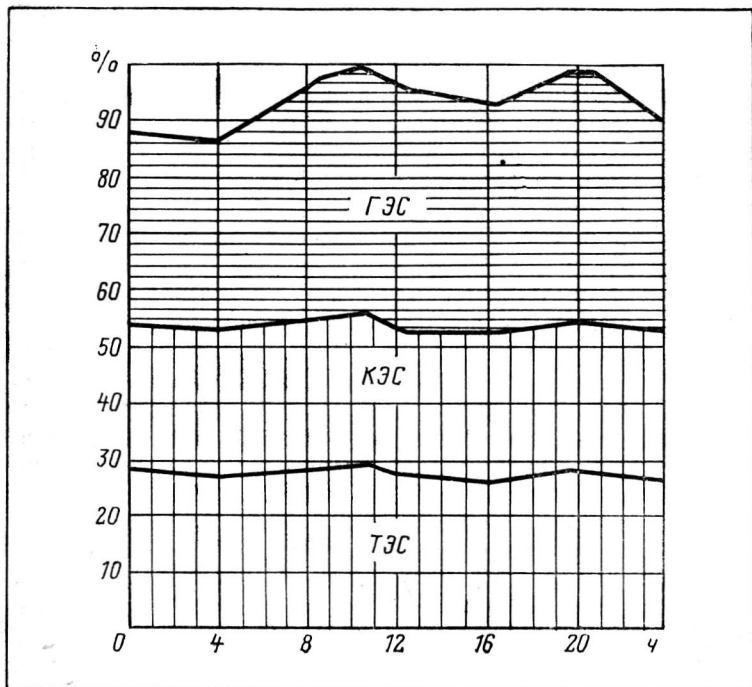
Великого Октября, Усть-Илимская ГЭС имени Ленинского комсомола, введены первые агрегаты на Саяно-Шушенской ГЭС.

Гидроэлектростанции Сибири в современных условиях покрывают всю переменную часть графиков электрической нагрузки Объединенной энергетической системы и даже часть базовой нагрузки. Кроме того, на гидроэлектростанциях размещается примерно 40% системного резерва мощности. В аварийных ситуациях гидроэлектростанции Сибири благодаря значительным емкостям водохранилищ могут выполнять функции системного резерва энергии. При полностью заполненных водохранилищах запас потенциальной электроэнергии в них составляет около 25 млрд. кВт·ч, а с учетом последовательной сработки этого запаса воды на гидроэлектростанциях каскада — свыше 50 млрд. кВт·ч, т. е. примерно одну треть современной выработки электроэнергии всеми электростанциями ОЭС Сибири.

Благоприятные природные условия и высокая производительность труда при эксплуатации обуславливают очень хорошие, даже по сравнению с лучшими гидроэлектростанциями европейской части СССР, технико-экономические показатели работы гидроэлектростанций Сибири. В технических решениях сооружений гидро-

Действующие и строящиеся гидроэлектростанции Объединенной энергетической системы Сибири

Гидроэлектростанция	Река	Среднегодо- вой расход, м ³ /с	Напор, м	Проектная мощность, МВт	Средне- многолет- няя выра- ботка элек- троэнергии, млн. кВт·ч	Установленная мощность на 1.1.79 г., МВт
Новосибирская	Обь	1670	20	400	1700	400
Саяно-Шушенская	Енисей	1480	220	6400	23 500	640
Красноярская имени 50-летия СССР	"	2800	100	6000	20 400	6000
Иркутская	Ангара	1980	31	660	4100	660
Братская имени 50- летия Великого Ок- тября	"	2906	106	4500	22 700	4500
Усть-Илимская ГЭС имени Ленинского комсомола	"	3200	91	4320	21 900	3600
Богучанская	"	3400	71	4000	17 800	—



Участие гидроэлектростанций в покрытии графиков электрической нагрузки ОЭС Сибири. 1978 год (зима).

Экономические показатели крупнейших гидроэлектростанций

Гидроэлектростанция	Удельные капиталовложения*		Себестоимость электроэнергии коп/(кВт·ч)	Штатный коэффициент, чел/МВт
	руб/кВт	коп/(кВт·ч)		
Красноярская имени 50-летия СССР	94,2	2,8	0,08—0,09	0,12
Братская имени 50-летия Великого Октября	144	2,6	0,05—0,06	0,13
Волжская имени XXII съезда КПСС	220	5,0	0,10—0,12	0,17

* В ценах 1955 г.

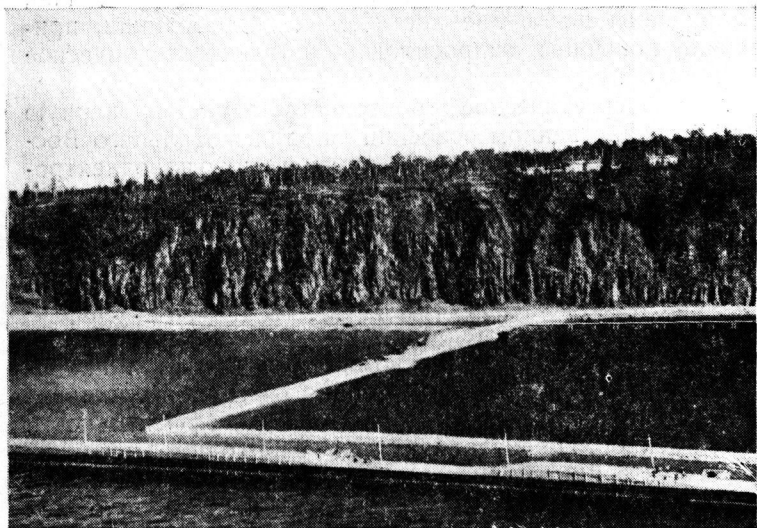
электростанций, построенных сравнительно недавно, реализованы последние достижения гидротехники, применено новейшее гидросиловое и электротехническое оборудование.

Гидроэнергетическое строительство играет пионерную роль в хозяйственном освоении Сибири и Дальнего Востока. На базе строительства крупнейших гидроэлектростанций на Ангаре и Енисее созданы и создаются территориально-производственные комплексы — Иркутско-Черемховский, Братско-Усть-Илимский, Центральнo-Красноярский, Саянский. Они специализируются на освоении местных сырьевых ресурсов, развитии энергоемких производств и целлюлозно-бумажной промышленности. Создание подобных комплексов является наиболее рациональной формой освоения богатейших природных ресурсов Сибири, повышения эффективности общественного производства. Но необходимо исходить из того, что претворение в жизнь огромной программы работ в Сибири в наши дни — это лишь начало тех преобразований, которые будут осуществлены в восточных районах страны. Гидроэнергетическому строительству в этих преобразованиях предстоит сыграть огромную роль. Подтверждением этому служит уже накопленный опыт строительства уникальных гидроэнергетических объектов, на базе которых осуществлено промышленное освоение крупнейших регионов на востоке нашей страны.

БРАТСКАЯ ГЭС ИМЕНИ 50-ЛЕТИЯ ВЕЛИКОГО ОКТЯБРЯ

Братская ГЭС на Ангаре расположена в зоне резко континентального климата. Зима здесь суровая и продолжительная, с малым количеством осадков. Лето, наоборот, короткое и теплое, обильно выпадают осадки. Среднегодовая температура в Братске равна $-2,6^{\circ}\text{C}$. Максимальные температуры наблюдаются в июне-июле и достигают 35°C , минимальные — в декабре и январе; абсолютный минимум равен -58°C . С начала октября до середины апреля среднесуточные температуры воздуха не превышают 0°C .

Количество атмосферных осадков изменяется от 300 до 375 мм в год, из них в холодное время года выпадает

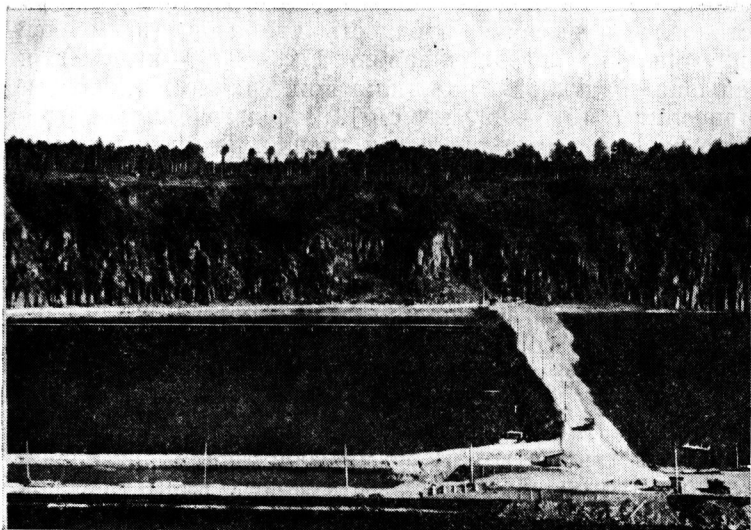


Начало строительства Братской ГЭС.

15—20%. Снежный покров появляется, как правило, в середине октября и сходит в конце апреля.

В створе Братской ГЭС Ангара многоводна. Среднегодовой сток ее у Братска составляет 92 км^3 . Немногие реки европейской части СССР даже в своем устье достигают стока такого объема. Расчетный максимальный расход воды в створе гидроэлектростанции при вероятности его превышения менее чем 1 раз в 10 тыс. лет оценивается в $22\,600 \text{ м}^3/\text{с}$.

Река Ангара питается за счет стока из оз. Байкал и осадков, выпадающих в ее бассейне преимущественно в виде дождей. При этом Байкал является крупным регулятором стока Ангары. Если в объеме годового стока всей реки в ее устье доля Байкала составляет 41%, то в зимний период она возрастает до 80%. Эти данные показывают существенную роль озера в выравнивании внутригодового режима стока Ангары. Зимний режим Ангары у Братска характеризовался обильным образованием шуги в предледоставный период, которая, по наблюдениям, заполняла до $3/4$ сечения русла. Постепенное замерзание реки снизу вверх вызывало образование мощных зажоров. При вскрытии реки наблюда-



лись заторы льда. Зажоры и заторы вызывали подъемы уровней воды до 7,5 м.

Все эти данные были тщательно изучены, обобщены с целью определения технического подхода к строительству гидротехнических сооружений, обеспечения надежности их в эксплуатации в суровых природных условиях. Особое внимание было уделено решению вопроса о месте сооружения гидроузла.

Для изучения инженерно-геологических условий строительства был выполнен значительный объем работ: пробурено 100 тыс. м разведочных скважин, пройдено 3300 м горных выработок, произведены лабораторные и полевые исследования. Изысканиями в районе гидроузла были выявлены необходимые местные строительные материалы, включая заполнители для бетона.

Окончательно створ Братского гидроузла был выбран в средней части Падунского сужения, протянувшегося на 4 км. Здесь Ангара имеет почти отвесные берега, возвышающиеся над уровнем воды на 75—80 м. Дно и борта в створе гидроузла сложены крепкими скальными породами — диабазами. Их мощность в русле изменяется в пределах 36—50 м, на правом берегу она равна

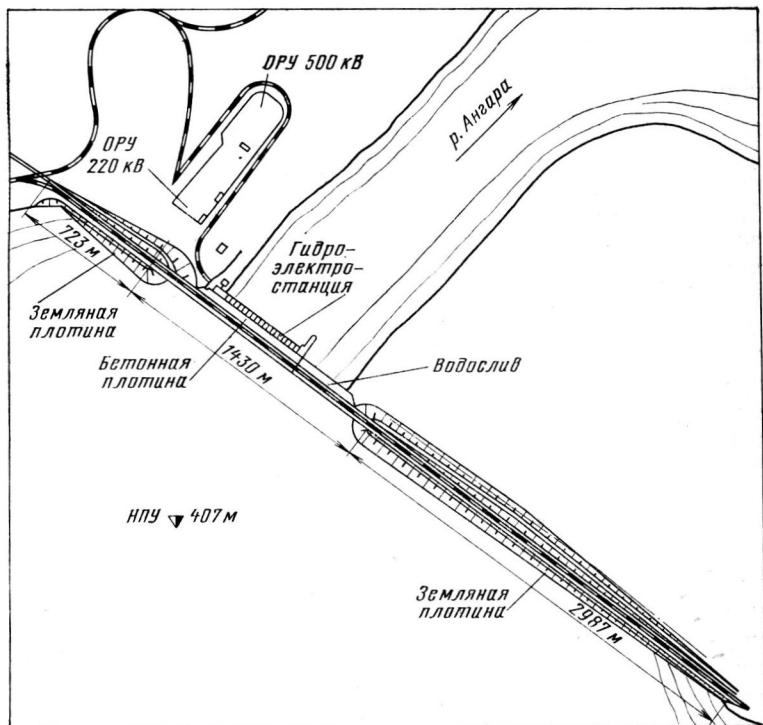
100—130 м и на левом — 200 м и более. Исследованиями установлены высокая прочность диабазов (временное сопротивление раздавливанию 1700—2300 кгс/см²) и меньшая прочность подстилающих их песчаников и алевролитов (375—320 кгс/см²). Вследствие малой трещиноватости и заполненности трещин вторичными минералами дно и борта долины практически водонепроницаемы.

В результате проведенных работ для размещения Братской ГЭС был выбран район с геологическими и топографическими условиями, благоприятными для сооружения высокой бетонной плотины.

Подпорные сооружения гидроузла было намечено разместить на русловом и береговом участках. При расчетном напоре 106 м длина руслового участка составила около 1000 м, а общая длина напорного фронта — 5140 м. С такими параметрами сооружений при значительной многоводности реки и суровых климатических условиях отечественное гидроэнергетическое строительство столкнулось впервые. В результате экономического и технического анализа различных вариантов сооружений и их компоновок был принят вариант с массивной бетонной плотиной и зданием гидроэлектростанции, расположенным за плотиной со стороны нижнего бьефа.

Бетонная плотина состоит из руслового и двух береговых участков. По своему функциональному назначению и конструкции русловой участок делится на станционную часть длиной 440 м, состоящую из 20 секций по 22 м, оборудованных водоприемниками для забора воды в турбинные трубопроводы, водосливную плотину длиной 242 м, состоящую из 11 секций с 10 поверхностными водосливными отверстиями, и глухую плотину общей длиной 242 м, состоящую из 11 секций по 22 м. Максимальная высота плотины достигает 125 м. С целью уменьшения стоимости и сокращения сроков строительства был принят вариант облегченной гравитационной плотины за счет устройства между секциями швов, расширенных со стороны нижнего бьефа до 7 м. Береговые участки бетонной плотины общей длиной 506 м имеют высоту до 64 м на левом и 54 м на правом берегу.

В каждой секции станционной части плотины заложен стальной турбинный трубопровод диаметром 7 м. Для ускорения ввода в эксплуатацию первых шести



Братская ГЭС. Схематический план гидроузла.

агрегатов при частично наполненном водохранилище устраивались временные водоприемники с понижением порогов на 25 м от постоянных водоприемников. После ввода в эксплуатацию постоянных водоприемников и соответствующего наполнения водохранилища временные водоприемники были забетонированы. Для пропуска строительных расходов в водосливных секциях бетонной плотины были устроены шесть донных отверстий сечением 12×10 м.

На пойменных участках располагаются земляные плотины: левобережная длиной 723 м и правобережная — 2987 м. Максимальная высота земляных плотин соответственно равна 40 и 36 м. Левобережная земляная плотина — насыпная, с суглинистым ядром и с верховой призмой из каменной наброски. Правобережная земляная плотина — намывная, из мелкозернистых песков. Вер-

ховой откос обеих плотин крепится бетонными армированными плитами толщиной 40 см. Низовой откос правобережной плотины имеет гравийное покрытие толщиной 40 см, низовой откос левобережной плотины засеян травами.

По гребню плотины проходят магистральная железная дорога и служебная автомобильная дорога. На бермах земляных плотин устроена автодорога общего пользования, которая в пределах бетонных плотин проложена по мосту из предварительно напряженных струбетонных балок, опертых на бычки бетонной плотины.

Здание гидроэлектростанции расположено в русле реки у низовой грани бетонной плотины и занимает среднюю и левую части реки, примыкая к левому берегу. Оно состоит из 20 агрегатных секций и двух монтажных площадок — береговой и русловой. Общая длина здания 515 м. Главный вход в машинный зал здания гидроэлектростанции с левого берега, куда подходит автомобильная дорога.

На гидроэлектростанции установлены 18 гидроагрегатов с радиально-осевыми турбинами диаметром рабочего колеса 5,5 м, номинальной мощностью при расчетном напоре по 230 МВт каждая. Проведенными впоследствии натурными испытаниями турбин было установлено, что они при расчетном напоре могут развивать мощность до 255 МВт. Для использования повышенной мощности турбин заводом — изготовителем генераторов была улучшена их конструкция с применением более термостойкой изоляции обмоток статора, что обеспечило увеличение мощности каждого генератора до 250 МВт. После окончания работ по замене обмоток статора на всех установленных генераторах мощность гидроэлектростанции возросла до 4500 МВт, а при полном развитии после установки двух дополнительных агрегатов достигнет 5000 МВт.

Вывод мощности от агрегатов принят частично по схеме укрупненного блока — два генератора присоединены к группе однофазных трансформаторов с воздушным выводом, а частично по схеме единичного блока генератор — трехфазный трансформатор с кабельным выводом. Открытые распределительные устройства гидроэлектростанции напряжением 220 и 500 кВ расположены на левом берегу в нижнем бьефе в непосредственной близости от плотины;

Мощность гидроэлектростанции выдается в энергосистему с открытых распределительных устройств (ОРУ) 220 и 500 кВ по шести двухцепным ВЛ 220 кВ и четырем одноцепным ВЛ 500 кВ (по две линии на Иркутск и Красноярск).

Для контроля за состоянием гидротехнических сооружений Братской ГЭС проводятся натурные наблюдения по обширной программе. Контрольно-измерительную аппаратуру устанавливали по мере возведения основных сооружений. Всего в земляные и бетонные плотины, в основание под ними и в здание гидроэлектростанции заложено около 5 тысяч дистанционных контрольно-измерительных приборов. Количество приборов и устройств с визуальным отсчетом превышает 220, а геодезических знаков — 600. Наблюдения ведутся за осадкой сооружений, за температурным режимом бетона, за деформациями и напряжениями в бетонных блоках и контактной зоне основания, за давлением фильтрационной воды в горизонтальных швах и монолитном бетоне, за раскрытием межсекционных, межстолбчатых и межблочных швов, за напряжениями в стальной оболочке турбинного трубопровода и в окружающем армированном бетоне, за фильтрацией земляных плотин и другими параметрами.

Натурные наблюдения еще продолжаются, но имеющиеся материалы многолетнего изучения состояния сооружений Братского гидроузла показывают общее соответствие работы сооружений проекту и их высокую эксплуатационную надежность. Эти материалы используются при проектировании следующих гидроэлектростанций Ангарского каскада и других объектов, сооружаемых в аналогичных условиях, а эксплуатационному персоналу они помогают выявлять и своевременно устранять те или иные недостатки.

Водохранилище Братской ГЭС по своим параметрам относится к крупнейшим водохранилищам мира. По величине полного объема, равного 169,3 км³, Братское водохранилище занимает второе место в мире после водохранилища Оуэн-Фолс в Африке. Созданный плотинной подпор распространяется по Ангаре больше чем на 550 км, ширина водохранилища на отдельных участках достигает 25 км, площадь зеркала — 547 тыс. га. Глубина предельной сработки водохранилища по утвержденному проекту равна 10 м. Полезная емкость

водохранилища составляет 48,2 км³, т. е. более 52% среднегогодового годового стока реки в створе гидроузла. Фактически за весь период эксплуатации максимальная глубина сработки водохранилища не превысила пока 7 м от нормального подпорного уровня.

Вместе с водохранилищем Иркутской ГЭС, включающим в себя озеро Байкал, Братское водохранилище осуществляет глубокое многолетнее регулирование стока Ангары и позволяет довести коэффициент его энергетического использования почти до 99%.

При проектировании Братского водохранилища были рассмотрены и всесторонне изучены влияние водохранилища на природные условия, а также условия и характер его воздействия на отдельные отрасли народного хозяйства и определены мероприятия, связанные с необходимостью устранения отрицательных последствий.

К неблагоприятному влиянию Братского водохранилища на природные условия и хозяйство прилегающих районов относятся развитие береговой абразии и возникновение волнового режима с образованием волн высотой до 3 м. Вместе с тем изменение гидрогеологических условий прибрежной полосы водохранилища, сопровождающееся повышением уровней подземных вод и увеличением водоносности существующих горизонтов, а также обводнением безводных зон трещиноватых пород, благоприятно сказывается на водоснабжении населенных пунктов южной части водохранилища. Относительно высокая температура воды в водохранилище способствует ускорению его вскрытия уже со второй половины апреля, очищению ото льда и тем самым удлинению навигационного периода. Кроме того, улучшение ледового режима, характеризующееся отсутствием больших масс шуги в предледоставный период, устраняет возможность образования зимой зажоров и наводнений, которые раньше создавали значительные трудности и наносили материальный ущерб населению и народному хозяйству.

К сооружению гидроузла строительные организации Минэнерго СССР подошли, имея на вооружении современную технику. Она обеспечивала высокие темпы строительства в трудных климатических, геологических и гидрологических условиях. Кадры строителей прошли хорошую школу на сооружении крупных гидроэлектростанций волжского каскада. Партийные организации и

хозяйственные руководители имели за плечами немалый опыт мобилизации коллективов на решение сложных строительных задач. На вооружении строительных организаций имелся мощный арсенал приемов и форм организации труда и строительного производства, использование которых обеспечивало высокий конечный результат. Во всеоружии этого опыта строители приступили к сооружению гидроэлектростанции.

Масштабы работ, выполненных при строительстве Братской ГЭС, характеризуют следующие цифры: выемка мягких грунтов 2,7 млн. м³; выемка скалы 1,1 млн. м³; насыпь мягких грунтов 11,1 млн. м³; каменная наброска 1,1 млн. м³; бетон и железобетон 4,9 млн. м³; монтаж металлоконструкций, механизмов и оборудования 90 тыс. т.

Научно обоснованный, тщательно исследованный вариант сооружения гидроэлектростанции в районе Падунского сужения, а также благоприятные инженерно-геологические условия строительства позволили получить значительный экономический эффект за счет уменьшения объема основных работ. Об этом свидетельствует соотношение объема основных земляных и бетонных работ по Братской ГЭС и объема аналогичных работ на крупнейших гидроэлектростанциях волжского каскада.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что выполнение в таких масштабах земляных и бетонных работ на открытом воздухе в суровых условиях севера Иркутской области при продолжительности безморозного периода около 170 сут и большом количестве дней с температурой ниже $-40 \div -50^{\circ}\text{C}$ не имело аналогов в отечествен-

Сопоставление объемов работ по некоторым гидроэлектростанциям

Наименование работ	Волжская ГЭС имени XXII съезда КПСС	Саратовская ГЭС имени Ленинского комсомола	Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября
Земельно-скальные работы, млн. м ³	148,0	109,0	16,0
Бетон и железобетон, млн. м ³	5,4	3,1	4,9

ной и мировой практике гидротехнического строительства.

Для выполнения основных работ при строительстве Братской ГЭС широко применялась механизация строительства с использованием высокопроизводительной строительной техники отечественного производства. Здесь впервые были применены изготовленные Ленинградским заводом имени С. М. Кирова двухконсольные краны грузоподъемностью 22,0 т с вылетом консолей на 50,5 м. Эти краны использовались главным образом для укладки бетона, а также для монтажа турбинных трубопроводов и металлических конструкций плотины (щиты, затворы, решетки). Для подачи бетона в блоки была смонтирована бетоноукладочная и бетоновозная металлическая двухъярусная эстакада высотой более 90 м.

Из серийного строительного оборудования на строительстве применялись также мощные экскаваторы ЭКГ-4 и шагающий экскаватор-драглайн для разработки гравийной массы в русловых карьерах, портално-стреловые краны грузоподъемностью 10 т для укладки бетона и выполнения монтажных работ. Подача бетонной смеси в том случае, когда это было целесообразно, осуществлялась мощными бетононасосами. Строительство было хорошо оснащено бульдозерами, скреперами и другой строительной техникой.

Автомобильный парк имел в своем составе крупные машины МАЗ-525, КраЗы, а также специальные машины производства других заводов. И тем не менее численность основного производственного персонала на строительстве, несмотря на высокий уровень механизации работ, в пиковый год (1961) составила почти 10 тыс. человек. Это объяснялось, с одной стороны очень трудными условиями строительства, а с другой — необходимостью поддерживать высокие темпы сооружения объектов по всему фронту строительства гидроэлектростанции.

О темпах сооружения основных объектов можно судить по таким примерам. Максимальная интенсивность укладки бетонной смеси на строительстве плотины в летний период достигала 135 тыс. м³ в месяц. При этом за тот же срок высота плотины увеличивалась на 15 м. В зимний период интенсивность укладки падала, но оставалась при этом достаточно высокой — 86 тыс. м³

в месяц. Производительность двухконсольного крана на укладке бетона в пиковый период (1960—1962 гг.) составила в среднем 122 860 м³/год. При этом в месяц она достигала 10 240 м³, а в смену 208 м³. Производительность портално-стрелового крана в пиковый период на укладке бетона составила в среднем за год 53 640 м³, за месяц — 4470 м³, в смену — 167 м³.

Для сооружения Братской ГЭС было создано специальное строительное управление, получившее наименование «Братскгэсстрой». Его структура изменялась по мере увеличения объема и изменения характера и вида выполняемых строительно-монтажных работ. Так, в начальный период работы по строительству гидроузла выполнялись одним лишь Управлением строительства основных сооружений. В дальнейшем с увеличением объемов работ из этого Управления выделились подразделения для выполнения работ по отдельным сооружениям (русловой плотины, здания гидроэлектростанции, береговых плотин) и по видам работ (земельно-скальные работы, механизация основных сооружений).

Развитие Братскгэсстроя в дальнейшем было обусловлено и новыми задачами, которые возлагались на него по сооружению предприятий ряда отраслей промышленности, ориентированных на использование энергии Братской ГЭС. К числу наиболее значимых объектов относилось строительство районной базы стройиндустрии в Братске, Братского лесопромышленного комплекса, Братского алюминиевого завода, Коршуновского горнообогатительного комбината, а в дальнейшем — Усть-Илимской ГЭС.

Формирование коллектива Братскгэсстроя рабочими и инженерно-техническими кадрами находилось под постоянным вниманием партийных, советских и комсомольских организаций.

Вскоре после начала строительства для обучения рабочих был создан учебный комбинат. За 11 лет в комбинате было обучено более 55 тыс. рабочих, в том числе непосредственно для строительства гидроузла 15,6 тыс. Курсы повышения квалификации прошли почти 96 тыс. рабочих, в том числе 21,5 тыс. гидростроителей. В дальнейшем на Братскгэсстрое был открыт вечерний филиал Иркутского энергостроительного техникума, готовившего специалистов по промышленному и гражданскому строительству, электрическим станциям, сетям и систе-

мам, строительным машинам и оборудованию. Таким образом, сооружение Братской ГЭС стало базой подготовки высококвалифицированных кадров для этого района.

Весь период строительства Братской ГЭС можно разделить на два этапа: подготовительный и основной. Отдаленность строительной площадки от индустриальных центров страны, необжитость и малая населенность района строительства, слабые транспортные связи определили необходимость создания собственной базы строительной индустрии, сооружения поселков и дорог в довольно большом объеме. Достаточно сказать, что на подготовительный период потребовалось более двух лет. В течение 1955—1956 гг. были построены 150 км подъездных железнодорожных путей, 350 км автодороги, линия электропередачи Иркутская ГЭС — Братск длиной 648 км с подстанциями, мощная база строительной индустрии, ремонтно-механические заводы, развитое складское хозяйство, базы специализированных строительномонтажных организаций, жилые поселки общей площадью около 250 тыс. м².

Строительство основных сооружений осуществлялось в две очереди. В первую очередь за перемычкой была возведена правобережная часть плотины, включающая все водосливные и четыре станционные секции, а также ряд блоков здания гидроэлектростанции. В этот период строительные расходы воды пропускались через стесненную левобережную часть русла реки шириной около 300 м.

Во вторую очередь возводилась левобережная часть плотины с остальной частью здания гидроэлектростанции. Пропуск строительных расходов осуществлялся через шесть временных донных отверстий и пять водопропускных пролетов, оставленных в водосливной части плотины; позже, после закрытия донных отверстий и начала наполнения водохранилища, строительные расходы пропускались через временные глубинные водоспуски и далее — через гидроагрегаты.

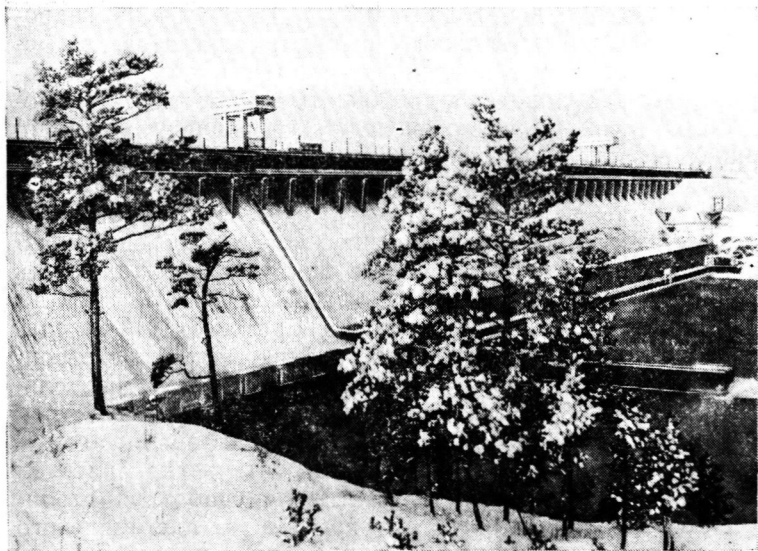
1 сентября 1961 г. началось поочередное закрытие донных отверстий и наполнение водохранилища. Спустя три месяца, 28 ноября 1961 г., уровень воды в водохранилище поднялся на 40 м и на Братской ГЭС был пущен во временную эксплуатацию первый агрегат. В декабре того же года были введены еще три агрегата.

а в следующие два года — 1962 и 1963 гг. — на гидроэлектростанции вводилось по шесть агрегатов, в результате чего установленная мощность гидроэлектростанции была доведена до 3600 тыс. кВт, т. е. до проектной мощности I очереди гидроэлектростанции. Впоследствии были введены в эксплуатацию еще два агрегата. Кроме того, на Братской ГЭС предусмотрена возможность установки еще двух агрегатов, которые будут смонтированы в перспективе, когда в объединенной энергетической системе Сибири появится необходимость в наращивании пиковых мощностей.

С завершением строительства Братской ГЭС и сдачей ее в промышленную эксплуатацию коллектив строителей и монтажников был перебазирован со строительства Братской ГЭС на другие объекты Братскгэсстроя и частично на другие стройки. Перебазирование проводилось по мере уменьшения на строительстве Братской ГЭС объемов строительно-монтажных работ на строительство лесопромышленного комплекса, алюминиевого завода, завода отопительных приборов и на сооружение очередной ступени Ангарского каскада гидроэлектростанций — Усть-Илимскую ГЭС.

Строительство Братской ГЭС — одна из ярких страниц в летописи отечественного гидростроения. В процессе проектирования изыскательских работ и сооружения Братской ГЭС в сложных природно-климатических условиях были разработаны и внедрены новые ценные технические решения, впервые примененные в отечественной практике гидротехнического строительства. Внедрение прогрессивных технических решений дало существенный экономический эффект, выразившийся в ускорении строительства, в уменьшении объемов работ, подлежащих выполнению при возведении сооружений гидроузла, в снижении сметной стоимости строительства.

За выдающиеся успехи, достигнутые при сооружении Братской ГЭС, и большой вклад, внесенный в разработку и внедрение новых технических решений и прогрессивных методов труда, десять человек — инженеры и рабочие — были удостоены высшей правительственной награды — им было присвоено звание Героя Социалистического Труда; группе специалистов Министерства энергетики и электрификации СССР, Братскгэсстроя и Гидропроекта в 1968 г. была присуждена Ленинская премия.



Братская ГЭС. Вид с правого берега на нижний бьеф.

В связи с пуском Братской ГЭС в промышленную эксплуатацию в канун всенародного праздника указом Президиума Верховного Совета СССР ей было присвоено имя 50-летия Великого Октября.

Подготовка к вводу в эксплуатацию Братской ГЭС проводилась дирекцией гидроэлектростанции заблаговременно и была в основном закончена за 6—7 мес до пуска первых агрегатов. К этому времени были укомплектованы штаты основных и вспомогательных производственных подразделений, осуществляющих эксплуатацию и ремонт агрегатов и гидротехнических сооружений.

Костяк эксплуатационников — около 50 высококвалифицированных специалистов с большим опытом работы — были приглашены с действовавших гидроэлектростанций. Но большая часть штата укомплектована бывшими строителями, прошедшими специальное обучение. Для подготовки кадров эксплуатационников и ремонтного персонала были организованы трехмесячные курсы по изучению оборудования гидроэлектростанции, правил его эксплуатации и техники безопасности. По окон-

чании занятий на курсах персонал прошел производственную практику в течение одного-полутора месяцев на крупных действующих гидроэлектростанциях (Бухтарминской, Волжской имени В. И. Ленина и др.).

Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября была принята в промышленную эксплуатацию Государственной комиссией 8 сентября 1967 г. С начала эксплуатации до 1979 г. она выработала более 300 млрд. кВт·ч электроэнергии. Для получения такого количества электроэнергии на тепловых электростанциях нужно израсходовать более 90 млн. т условного топлива.

Братская ГЭС, являясь крупнейшей электростанцией, положила начало формированию Объединенной энергетической системы Сибири. Основное значение Братской ГЭС заключается в ее большой энергетической отдаче: в энергосистему по проекту должно поступать 22,7 млрд. кВт·ч электроэнергии в средний по водности год.

Фактическая же выработка электроэнергии за первое десятилетие (с 1968 по 1977 г.) составляла 19,5—28,04 млрд. кВт·ч в год, иными словами, в среднем за год в этот период Братская ГЭС давала в энергосистему 23,05 млрд. кВт·ч.

Благодаря огромной регулирующей способности Братское водохранилище только за счет совместной его работы с водохранилищами Иркутской ГЭС на Ангаре и Красноярской ГЭС на Енисее позволяет увеличить гарантированное среднесуточное участие в покрытии графика нагрузок энергосистемы этих трех крупнейших гидроэлектростанций в Сибири дополнительно на 350—400 тыс. кВт.

Большую роль играет водохранилище Братской ГЭС для обеспечения ОЭС Сибири оперативным резервом мощности и энергии. Потенциальная энергетическая емкость этого водохранилища оценивается в 13 млрд кВт·ч. Это практически означает, что гидроэлектростанция примерно треть года может работать на полную мощность только за счет сработки запасенной в водохранилище воды.

Водные ресурсы водохранилища могут быть использованы Братской ГЭС для покрытия сверхплановой потребности в электроэнергии и мощности при аварийных ситуациях в энергосистеме, для регулирования частоты

Основные показатели эксплуатации Братской ГЭС имени

Наименование	1968 г.	1969 г.	1970 г.
Годовая выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч	24,39	22,71	20,34
Использование установленной мощности, ч	5949	5540	4961
Коэффициент готовности	0,91	0,89	0,89
К. п. д., %	—	84,6	85,9
Штатный коэффициент, чел/МВт	0,17	0,17	0,18
Себестоимость производства электроэнергии, коп/(10 кВт·ч)	0,52	0,55	0,61

электрического тока, улучшения режима работы тепловых электростанций и экономии энергетического топлива.

Помимо удовлетворения нужд энергетики Братское водохранилище имеет существенное значение для развития и повышения эффективности других отраслей народного хозяйства: водного транспорта, лесного и рыбного хозяйства, промышленного и коммунального водоснабжения.

После наполнения Братского, а затем и Усть-Илимского водохранилищ создаются благоприятные возможности развития водного транспорта в замкнутых условиях судоходства. С созданием больших глубин там, где до строительства гидроузлов из-за наличия порогов и шивер судоходство было невозможно или осуществлялось малотоннажным флотом, становится доступным использование крупных судов, что существенно повышает экономическую эффективность эксплуатации водного транспорта. В более отдаленной перспективе после строительства всех гидроузлов на Ангаре с судопропускными сооружениями будет создан транзитный глубоководный путь от Байкала до Енисея длиной около 2000 км.

С вводом в действие Братской ГЭС — мощного источника электроэнергии появились условия для освоения богатых месторождений полезных ископаемых, разведанных в зоне ее влияния. В состав в основном сформировавшегося Братско-Усть-Илимского территориально-производственного комплекса вошли крупные предприятия различных отраслей народного хозяйства —

50-летия Великого Октября

1971 г.	1972 г.	1973 г.	1974 г.	1975 г.	1976 г.	1977 г.
22,75	23,29	22,96	28,04	23,86	22,73	19,46
5550	5680	5599	6889	5817	5444	4466
0,89	0,9	0,89	0,94	0,91	0,93	0,92
88,4	88,6	88,3	88,6	88,5	88,3	88,3
0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13
0,54	0,53	0,55	0,46	0,52	0,55	0,63

черной и цветной металлургии, целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности. Одним из крупных электропотребителей стал железнодорожный транспорт в связи с электрификацией грузонапряженных участков транссибирской магистрали и железной дороги Тайшет — Лена.

Улучшились условия жизни населения в районах, тяготеющих к Ангаре. Вместо прежних неблагоустроенных населенных пунктов, подвергавшихся частым наводнениям при образовании зимних зажоров и заторов в реке, созданы новые электрифицированные города и поселки со всеми видами коммунального обслуживания и современными средствами связи.

Еще не было завершено строительство Братского гидроузла, а проектировщики уже подготовили документацию для сооружения очередной электростанции каскада — Усть-Илимской ГЭС.

УСТЬ-ИЛИМСКАЯ ГЭС ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

Усть-Илимский гидроузел — третья ступень Ангарского каскада. Гидроэлектростанцию предстояло построить ниже впадения р. Илима, правого притока Ангары, в створе Толстого мыса, расположенного в 300 км вниз по течению от Падунского сужения, где была построена Братская ГЭС. Гидротехническое строительство продвигалось дальше на север, способствуя освоению ранее не обжитых мест,

Климатические условия в районе строительства Усть-Илимской ГЭС намного суровее, чем в Братске. Среднегодовое количество осадков составляет 320 мм, в теплый период года их выпадает около 80%.

Зимний режим Ангары в створе гидроузла, так же как и в створе Братской ГЭС, характеризуется постоянным образованием шуги и мощных зажоров в предледоставный период. При вскрытии реки наблюдаются заторы. Заторы и зажоры в естественных условиях при отсутствии подпора сопровождаются резким подъемом уровня Ангары до 7—8 м.

Среднегодовой расход воды в створе Усть-Илимской ГЭС составляет 3200 м³/с, или 101 км³/год, что на 10% больше, чем в створе Братской ГЭС. Огромные регулирующие возможности вышерасположенного Братского водохранилища обуславливают очень высокую зарегулированность стока и в створе Усть-Илимской ГЭС. В результате значительной зарегулированности стока максимальный расчетный расход воды в этом створе был уменьшен с 23 400 м³/с в бытовых условиях до 14 900 м³/с после создания Братского водохранилища. Таким образом, режим стока в створе Усть-Илимской ГЭС как во внутригодовом, так и в многолетнем разрезе носит выравненный характер.

Высокий коэффициент зарегулированности стока, равный 0,92, является отличительной особенностью Усть-Илимской ГЭС даже среди ангарских гидроэлектростанций и ни в какое сравнение не идет с аналогичными данными для гидроэлектростанций, расположенных в европейской части СССР. Там коэффициент зарегулированности составляет 0,4—0,6 (в створе Волжской ГЭС имени В. И. Ленина — 0,6), для гидроэлектростанций Закавказья он не превышает 0,4. В створе Красноярской ГЭС на Енисее коэффициент зарегулированности стока равен 0,82. Большая зарегулированность стока Ангары обеспечивает устойчивую и надежную энергоотдачу построенных на ней гидроэлектростанций. Лишь некоторые гидроэлектростанции, построенные на реках Средней Азии, имеют коэффициент зарегулированности выше, чем у Усть-Илимской ГЭС.

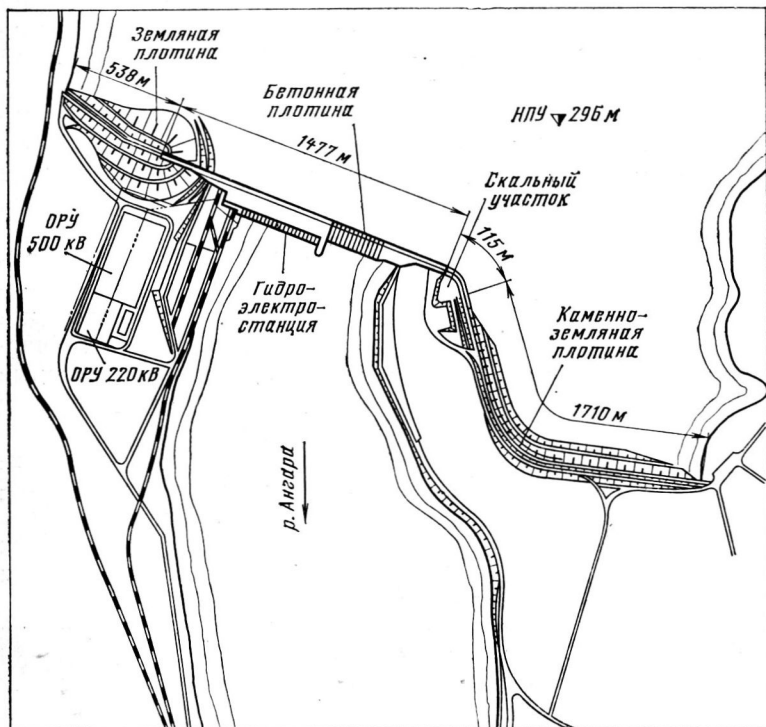
Долина Ангары на участке гидроузла имеет асимметричную форму. Левый берег ее образован крутым скальным выступом Толстый мыс, возвышающимся над рекой на 100—120 м. Правый берег — относительно пологий, слегка террасированный — обрывается к реке сравнительно небольшим 15-метровым уступом. Русло в створе сооружений имеет ширину 800 м. Ниже створа имеется перепад, а выше располагаются три скалистых острова, носящих название Лосята.

Геологические условия створа гидроузла характеризуются наличием в русле и бортах скальных пород трапповой интрузии — диабазов, очень сходных по своим показателям с диабазами основания Братской ГЭС. Участок створа сложен осадочными отложениями, в которые внедрена мощная трапповая интрузия. Наиболее древние отложения — аргиллиты залегают в русле и на правом берегу на глубине 150—200 м, а на левом берегу на участке земляной плотины поднимаются ближе к поверхности. Выше залегают слабосцементированные песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов. Мощность этих отложений достигает 100 м, в подошве их встречаются линзы туфов мощностью 10—15 м.

Интрузия траппов распространяется по Ангаре на 10—15 км выше и на 5—7 км ниже створа плотины при ширине пласта 8—10 км. Наибольшую мощность 200—250 м траппы имеют у левого берега, в направлении правого берега реки их мощность уменьшается до 85—95 м.

Выбор типов основных сооружений Усть-Илимского гидроузла и их компоновка были обусловлены производственно-строительными условиями района. В расчет принималось и наличие высококвалифицированных кадров строителей, имеющих опыт возведения крупных гидротехнических сооружений в суровых климатических условиях Восточной Сибири. Строительные отряды, прибывшие сюда с Братскгэсстроя, были оснащены необходимым строительным оборудованием, имели на вооружении прогрессивную технологию сооружения гидроэлектростанций.

После тщательной проработки и всестороннего обсуждения проекта был принят вариант с массивной бетонной русловой плотиной и приплотинным зданием гидроэлектростанции, расположенным у правого берега. В состав гидроузла были включены: левобережная каменно-земляная плотина, русловая бетонная плотина, пра-



Усть-Илимская ГЭС. Схематический план гидроузла.

вобережная земляная плотина, здание гидроэлектростанции с монтажной площадкой и административно-производственным корпусом и открытое распределительное устройство для выдачи мощности гидроэлектростанции на напряжении 220 и 500 кВ. На левом берегу зарезервирована территория для судопропускных сооружений, строительство которых возможно в будущем при создании сквозного глубоководного пути по Ангаре.

Общая длина напорного фронта гидроузла составляет 3840 м. Он образуется плотинами и сопрягающим скальным массивом Толстого мыса, к которому с одной стороны примыкает левобережная каменно-земляная плотина, а с другой — бетонная плотина. Протяженность скального массива по оси створа составляет 115 м.

Бетонная плотина общей длиной около полутора километров делится на 3 участка: левобережный длиной

223 м, русловой — 792 м и правобережный — 462 м. Русловой участок, в свою очередь, по функциональному назначению и конструкции делится также на три части: станционную плотину длиной 396 м, состоящую из 18 секций по 22 м с водоприемниками и напорными трубопроводами; водосливную длиной 242 м, состоящую из 11 секций по 22 м с поверхностными водосливными отверстиями по 15 м в свету; глухую плотину общей длиной 154 м, состоящую из 7 секций по 22 м. Максимальная высота секций 105 м.

Береговые участки плотин заканчиваются устоями. Левобережный устой врезается в скальный массив; правобережный, продолженный шпунтовой диафрагмой длиной 22 м, сопрягается с земляной плотиной.

В секциях руслового участка бетонной плотины размещены отверстия для пропуска расходов строительного периода: в водосливной части — четыре водопропускных пролета по 12 м и семь донных отверстий 12×10 м, в глухих секциях — восемь глубинных водоспусков, имеющих на выходе ширину 2,84 м, высоту 4,8 м.

Напорные трубопроводы диаметром 7,8 м с металлической облицовкой забетонированы в теле станционной плотины. Толщина металлической облицовки рассчитана с учетом ее совместной работы с бетоном.

На гребне бетонной плотины установлены два козловых крана грузоподъемностью 180/20/5 т каждый.

Левобережная каменно-земляная плотина длиной по гребню 1710 м имеет максимальную высоту 28 м. Она состоит из низовой упорной призмы, отсыпанной из горной массы полезных выемок и супесчаного экрана. Между упорной призмой и экраном располагаются переходные зоны, состоящие из мелкозернистого песка, гравийной массы и мелкого камня, получаемого на камнедробильном заводе.

Напорный откос крепится в зоне волнового воздействия монолитными железобетонными плитами, а ниже — каменной наброской толщиной 1,5 м.

Под экраном плотины размещаются зуб и цементационная завеса глубиной до 60 м, прорезающая всю толщу песчаников и сопрягающаяся с подстилающими их алевролитами и аргиллитами. В низовой части упорной призмы проходит дренажная траншея, заполненная фильтрующим материалом. На наиболее низких участках общей протяженностью 388 м выполнен трубчатый дре-

наж, соединенный при помощи двух водоотводящих коллекторов и водосбросных скважин с дренажным туннелем.

Правобережная земляная плотина длиной 538 м имеет максимальную высоту 47 м. Она намыта из мелкозернистых аллювиальных песков. Для того чтобы обеспечить надежную работу дренажа в теле плотины и исключить образование наледей в зимний период, низовой клин от бермы отсыпан сухим способом. Дренажная система в теле плотины выполнена из труб, уложенных в подошву насыпного клина, покрытых трехслойным фильтром.

Здание гидроэлектростанции расположено у правого берега. Оно имеет длину 440 м и ширину подводной части 39 м. Здание состоит из 18 агрегатных блоков длиной по 22 м каждый и двух блоков монтажной площадки таких же размеров. Подводная часть здания гидроэлектростанции выполнена в монолитном железобетоне. Машинный зал решен в виде металлического каркаса со стеновым заполнителем из керамзитобетонных панелей.

В здании гидроэлектростанции установлены гидроагрегаты с радиально-осевыми турбинами, диаметр рабочего колеса которых равен 5,5 м, и генераторами номинальной мощностью 240 МВт.

Соединение агрегатов выполнено по схеме укрупненных блоков: два генератора — трансформатор. В машинном зале для монтажа и ремонта силового оборудования установлены два мостовых крана грузоподъемностью 350/80/10 т.

Установленная мощность Усть-Илимской ГЭС при монтаже на ней всех 18 агрегатов составит 4,3 млн. кВт. Она определена исходя из условий использования гидроэлектростанции в Объединенной энергетической системе Сибири. Среднегодовая выработка энергии по проекту составит 21,9 млрд. кВт·ч.

На гидроэлектростанции размещен аварийный и нагрузочный резерв энергосистемы в размере 600 МВт. Расчетный режим работы Усть-Илимской ГЭС в суточном разрезе носит довольно равномерный характер.

Мощность гидроэлектростанции выдается в энергосистему через открытые распределительные устройства (ОРУ) 220 и 500 кВ, расположенные на правом берегу. При полном развитии мощности гидроэлектростанции от

ОРУ 220 кВ будут отходить 6 высоковольтных линий, а от ОРУ 500 кВ — 3 высоковольтные линии. Со временем предусматривается дополнительно построить 4 линии напряжением 220 и одну — 500 кВ. Связь между ОРУ 220 кВ и ОРУ 500 кВ обеспечивается группой однофазных трансформаторов по 167 мВ·А.

Район гидроузла до начала строительства не имел транспортной связи с общегосударственной сетью железных и автомобильных дорог. Ближайшим к Усть-Илимской ГЭС промышленным центром с развитой базой стройиндустрии являлся построенный гидростроителями Братск, расположенный на железнодорожной магистрали Тайшет — Лена. Из-за порогов и шивер на Ангаре от Братска до строительной площадки Усть-Илимской ГЭС и ниже до г. Кежмы регулярного судоходства не было. Межрайонные связи поддерживались небольшими самолетами типа АН-2.

За несколько лет на левом берегу Ангары от Братска до створа Усть-Илимской ГЭС была построена автомобильная дорога. Сквозное движение по ней было открыто в 1966 г. Одновременно с дорогой сооружалась высоковольтная линия 220 кВ Братск — Усть-Илимск.

Железнодорожный путь к строительной площадке по правобережью от станции Хребтовая на железнодорожной магистрали Тайшет — Лена был сдан в постоянную эксплуатацию в 1973 г., а сквозное движение рабочих поездов по нему было открыто уже в 1971 г.

Основные объекты промышленной базы строительства — бетонное и гравийно-сортировочное хозяйства, камнедробильный завод, лесозавод, базы по обслуживанию автомобильного транспорта, строительных машин и механизмов, центральная электростанция и др. — были размещены на левом берегу. На другом берегу у железнодорожной станции Правобережная размещались объекты складского хозяйства и специализированных организаций по монтажу гидросилового, гидромеханического и электротехнического оборудования.

Строительство гидроузла было разбито на два этапа. Первый этап — выполнение подготовительных работ — составил пять лет (1963—1967 гг.). Основное строительство велось 7 лет. В первые годы была освоена строительная площадка, организованы внешние транспортные связи, проложена линия электропередачи напряжением 220 кВ.

В 1968 г. строители приступили к сооружению основных объектов гидроэлектростанции. В конце 1974 г. первые агрегаты гидроэлектростанции были введены в строй.

Строительство расположенных в русле реки основных сооружений началось с левого берега, к которому были выведены автодорога и линия электропередачи. На этом же берегу размещались поселок строителей и основная часть промышленной базы строительства, а также карьеры камня, суглинка, песчано-гравийной смеси.

В котловане первой очереди была возведена гребенка на русловом участке бетонной плотины. Строительные расходы пропускались через оставшуюся свободной правую часть русла, составлявшую 30% естественного сечения реки.

В августе 1969 г. при расходах воды 2970—3470 м³/с и перепаде на банкете 3,8 м было осуществлено перекрытие Ангары пионерным способом, при котором наращивание русловой плотины по фронту ведется с одного берега.

С сентября 1969 г. начались работы в котловане второй очереди. Здесь строители приступили к возведению секций бетонной плотины и здания гидроэлектростанции, монтажу главной бетоновозной эстакады. Строительные расходы пропускались через донные водопропускные отверстия и пролеты. Четыре водопропускных пролета были закрыты в июле 1973 г.; с закрытием семи донных отверстий 12 октября 1974 г. началось наполнение водохранилища. В конце декабря 1974 г. три агрегата Усть-Илимской ГЭС были поставлены под нагрузку при незаполненном водохранилище. В 1975—1977 гг. вводилось ежегодно по 4 агрегата и 25 октября 1977 г. с пуском 15-го агрегата Усть-Илимская ГЭС была введена на полную мощность первой очереди — 3600 МВт. Всего на строительстве Усть-Илимской ГЭС было уложено 4,2 млн. м³ бетона, объем земельно-скальных работ составил около 10,5 млн. м³, монтаж оборудования металлоконструкций и механизмов — примерно 110 тыс. т.

На земельно-скальных работах использовались главным образом экскаваторы ЭКГ-4 и ЭКГ-6 и автосамосвалы типа КраЗ-256 и БелАЗ-540. Рыхление скальных пород в котловане велось в основном скважинными зарядами. При высоте уступа менее 2 м рыхление производилось шпуровым способом. На зачистке котлована применялись экскаваторы, оборудованные обратной лопатой.

Для обеспечения монолитности бетонной кладки при строительстве Усть-Илимской ГЭС был осуществлен ряд таких мероприятий, как теплозащита блоков бетонирования, льдоприсадка и охлаждение заполнителей на бетонном заводе, электро- и паробогрев блоков в зимний период.

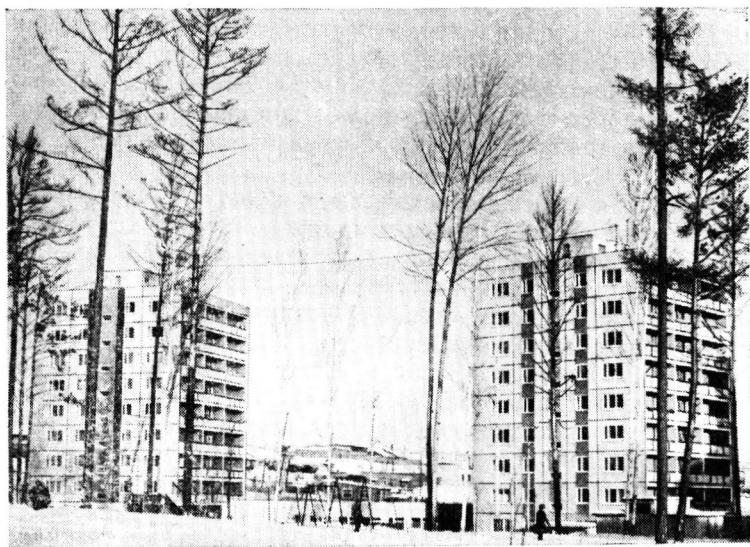
Бетонная смесь на эстакады и к бетоноукладочным механизмам подавалась автомашинами, кузова которых в зимнее время обогревались отработанными газами. При низких температурах все бетонные работы в основном выполнялись методом «термоса», при котором бетонирование производится в отапливаемых шатрах.

Максимальная интенсивность на укладке бетона в ходе строительства составила 140 тыс. м³ в месяц. Особенно увеличались темпы его укладки после ввода большого бетонного и гравийесортировочного хозяйств. Наибольший объем бетона был уложен за период 1973—1974 гг. — 2300 тыс. м³, т. е. 55% общего объема.

Высокая интенсивность бетонных работ обеспечивалась внесением ряда технологических совершенствований и внедрением новых прогрессивных технических решений.

В частности, здесь была применена консольная опалубка многократного использования и специальная скользящая опалубка для образования гладкой водосливной грани, улучшена система охлаждения бетонной кладки. Проектировщики предусмотрели простую конструкцию гравитационной плотины обжатого профиля с заложением низовой грани 1:0,7. Такое решение улучшило и упростило технологию возведения плотины. Ряд конструктивных усовершенствований был внесен в монтаж трубопроводов, гидросилового и гидромеханического оборудования.

На строительстве Усть-Илимской ГЭС значительно возросли творческая зрелость, мастерство коллектива гидростроителей. Они накопили уже немалый опыт возведения уникальных гидротехнических объектов в сложнейших условиях Сибири. Надо сказать, что партийные и советские органы проявляли большую заботу по созданию хороших условий труда и быта строителей. Значительно улучшилась комфортность жилых зданий, учреждений общественного питания и бытовых организаций. Сфера обслуживания стала, по сути дела, одним из основных объектов внимания руководящих строительных и



Город гидростроителей Усть-Илимск.

партийных органов. Об этом, в частности, говорят такие данные: численность работающих в самый напряженный период строительства в 1973—1974 гг. достигла почти 12 тыс. человек, из них около 10 тыс. работали на предприятиях промышленной базы строительства, обеспечивая бесперебойную подачу материалов, своевременный ремонт техники, а также в сфере обслуживания, создавая хорошие бытовые условия строителям.

В поселке строителей до 1974 г. было построено 136 тыс. м² жилой площади. Дома имеют все виды коммунальных услуг, действуют холодное и горячее водоснабжение, центральное отопление, канализация, кухни оборудованы электроплитами.

Усть-Илимская ГЭС в канун 60-летия Великого Октября была досрочно введена в действие на полную мощность 3,6 млн. кВт. Сокращение сроков сдачи последних четырех агрегатов в юбилейном году позволило дополнительно выработать около одного миллиарда киловатт-часов электроэнергии и обеспечить за счет этого существенную экономию топливных ресурсов. Сметная стоимость гидроузла была снижена на 12 млн. руб.

По мере сдачи в эксплуатацию сооружений гидроузла и уменьшения объема строительных и монтажных работ высвобождавшиеся строители начали перебазироваться на строительство следующей ступени Ангарского каскада — Богучанской ГЭС. Кроме того, значительная часть строителей Усть-Илимской ГЭС направлена на сооружение объектов Усть-Илимского лесопромышленного комплекса, создающегося на правом берегу Ангары, и города, в который включен и поселок строителей Усть-Илимской ГЭС как его левобережная часть.

За первые три года эксплуатации Усть-Илимская ГЭС выработала более 34 млрд. кВт·ч электроэнергии, вернув народному хозяйству более половины затрат на ее строительство.

Водохранилище Усть-Илимской ГЭС регулирует небольшую боковую приточность на участке от Братской ГЭС. Отметка нормального подпорного уровня водохранилища и глубина его сработки выбраны в результате технико-экономических расчетов с учетом условий подпора Братской ГЭС. Полный объем водохранилища составляет 59,4 км³, полезный объем — 2,8 км³. Площадь зеркала водохранилища 1892 км².

Усть-Илимская ГЭС работает на стоке, зарегулированном водохранилищами Иркутской и Братской гидроэлектростанций, которые являются основными компенсирующими гидроэлектростанциями в Ангаро-Енисейском каскаде. Усть-Илимская ГЭС дополняет Братскую ГЭС по напору и работает с ней в компенсированном режиме.

С окончанием строительства Усть-Илимской ГЭС по существу завершается создание энергетической базы Братско-Усть-Илимского территориально-производственного комплекса, который в настоящее время оказывает большое влияние на экономику Сибири. В его состав входят две крупные гидроэлектростанции, мощный алюминиевый завод, Братский и создающийся Усть-Илимский лесопромышленные комплексы, Коршуновский горнообогатительный комбинат, завод отопительного оборудования и ряд вспомогательных объектов.

Территориально-производственный комплекс располагает уже в настоящее время мощной, технически совершенной базой строительной индустрии, позволяющей постоянно расширять фронт строительных работ, обеспечивать строительство городов, промышленных предприятий и инженерных сооружений, новых транспортных магист-

ралей. В составе промышленной базы строительства более 30 предприятий, в том числе заводы сборного железобетона, домостроения, деревообработки, различных строительных материалов, металлоконструкций, сантехнических изделий.

В десятой пятилетке с вводом Усть-Илимского лесопромышленного комплекса и некоторых промышленных объектов на Рудногорском месторождении высококачественных железных руд создание Братско-Усть-Илимского ТПК будет в основном завершено.

Усть-Илимский лесопромышленный комплекс будет одним из крупнейших в мире предприятий нового типа: степень полезного использования древесины в процессах лесопиления составит почти 94%, а в процессах производства целлюлозы — 98%. Для сравнения укажем, что обычно достигаемая в настоящее время степень использования древесины в процессах деревообработки не превышает 60—66%.

Кроме того, за счет максимальной механизации и автоматизации процессов при подготовке древесного сырья производительность труда здесь увеличится в два раза, а в производстве целлюлозы на 30% по сравнению со средней производительностью труда, достигнутой в этой отрасли.

Генеральный секретарь ЦК КПСС, Председатель Президиума Верховного Совета СССР товарищ Л. И. Брежнев во время пребывания в Иркутске сказал: «... Усть-Илимский комплекс планируется специализировать как лесопромышленный, который улучшил бы обеспечение страны бумагой, картоном и другими продуктами лесохимии. Страна, как вы знаете, весьма нуждается в такой продукции»¹.

При проектировании комбината впервые в целлюлозно-бумажной промышленности предусмотрена максимальная блокировка основных цехов и других служб целлюлозного завода. Объем единого производственного корпуса этого завода составляет 4,3 млн. м³.

Входящий в состав Усть-Илимского лесопромышленного комплекса целлюлозный завод, строящийся при участии стран — членов СЭВ, ежегодно будет выпускать 500 тыс. т беленой и 50 тыс. т небеленой целлюлозы и

¹ Выступления товарища Л. И. Брежнева во время поездки в районы Сибири и Дальнего Востока. — Коммунист, 1978, № 6, с. 18.

большое количество производных продуктов химико-механической переработки древесины. Завершение строительства целлюлозного завода намечено в 1981 г.

Мощность деревообрабатывающего комбината составит 1,2 млн. м³ пиломатериалов и 250 тыс. м³ древесностружечных плит в год. Гидролизно-дрожжевой завод рассчитан на годовое производство 38 тыс. т кормовых дрожжей и 12 тыс. т фуруфурола.

Таким образом, мощная производственная база строительной индустрии, развивавшаяся в ходе сооружения Братской и Усть-Илимской ГЭС, создание крупных водохранилищ, обеспечивающих водоснабжение промышленных предприятий, и наличие необходимого количества электроэнергии и сырьевых ресурсов создали предпосылки для размещения в этом районе одного из крупнейших в стране территориально-производственных комплексов.

БОГУЧАНСКАЯ ГЭС

Богучанская ГЭС является четвертой ступенью Ангарского каскада гидроэлектростанций. Строительная площадка гидроузла расположена на территории Богучанского района Красноярского края более чем в 100 км выше устья Ангары. Водоохранилище этой гидроэлектростанции будет распространяться вплоть до Усть-Илимской ГЭС, что обеспечит наиболее полное использование гидроэнергетических ресурсов Ангары между этими створами.

Комплексные проектно-изыскательские работы по Богучанской ГЭС были начаты еще в 1965 г. На первом этапе проектно-изыскательских работ было рассмотрено два возможных района расположения гидроузла: ниже устья р. Чадобец — Мурский и выше ее устья — Кодинский. В результате комплексной оценки всех факторов, влияющих на условия строительства и развитие Богучанского территориально-производственного комплекса, было принято решение осуществить строительство гидроэлектростанции в Кодинском створе.

В 1968 г. был закончен первый этап проекта, содержащий технико-экономическое обоснование строительства Богучанской ГЭС, включая выбор района створа и определение отметки нормального подпорного уровня водохранилища.

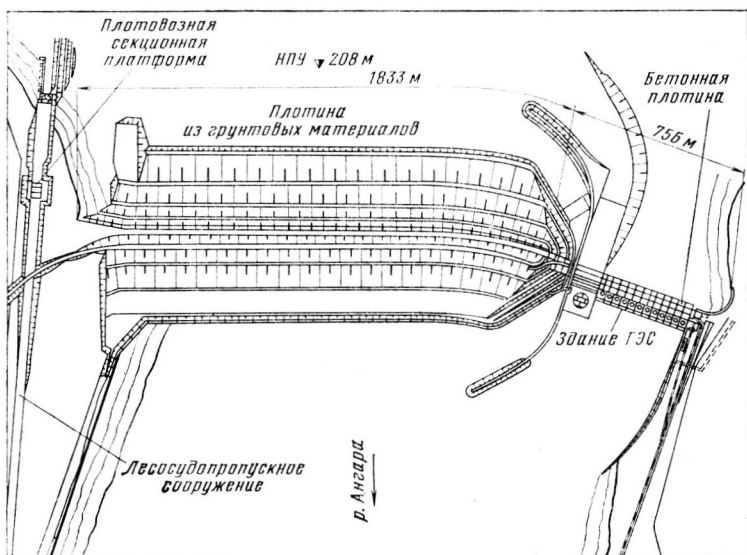
Как обычно, проектировщикам и строителям важно знать, с какими климатическими условиями будут они иметь дело в процессе сооружения гидроэлектростанции и в каких условиях будет она эксплуатироваться. Неожиданностей здесь уже не было — все особенности резко континентального климата с суровой продолжительной зимой и жарким коротким летом были изучены при проектировании Братской и Усть-Илимской ГЭС. В этом районе среднегодовая температура равна $-3,2^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум достигает -57°C , абсолютный максимум -38°C . Таким образом, амплитуда колебаний температуры воздуха в районе строительства доходит до 95°C .

Самым холодным месяцем является январь со средней месячной температурой $-26,3^{\circ}\text{C}$, самым теплым — июль, средняя температура которого $18,7^{\circ}\text{C}$. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 170 дней. Годовая сумма осадков 358 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в июле и августе.

Очень важна и гидрологическая характеристика района. Площадь водосбора от истоков до створа гидроузла составляет 831 тыс. км². Среднеголетний сток Ангары в створе гидроузла равен 107,7 км³, среднеголетний расход воды — 3400 м³/с. Боковая приточность между Усть-Илимской ГЭС и створом Богучанской ГЭС составляет 6,7 км³/год, или 6,8% объема стока, зарегулированного Усть-Илимской ГЭС. Максимальный расход воды в реке с вероятностью превышения не более 1 раза в 10 000 лет в современных условиях составляет примерно 16 700 м³/с.

В годовом разрезе гидрологический режим Ангары характеризуется устойчивой зимней меженью и двумя паводками: весенним и летне-осенним. Режим расходов и уровней воды в створе Богучанской ГЭС определяется в основном режимом работы вышерасположенных гидроэлектростанций, так как боковая приточность на участке между Усть-Илимской и Богучанской ГЭС незначительна.

В районе строительства Богучанской ГЭС появление осенних ледовых образований происходит в конце октября. Осенью наблюдается интенсивный шугоход средней продолжительностью до 12 дней. Шугоход нередко сопровождается образованием зажоров и резким подъемом уровней. Вскрытие реки весной сопровождается мощными заторами льда и подъемом уровней воды. С учетом

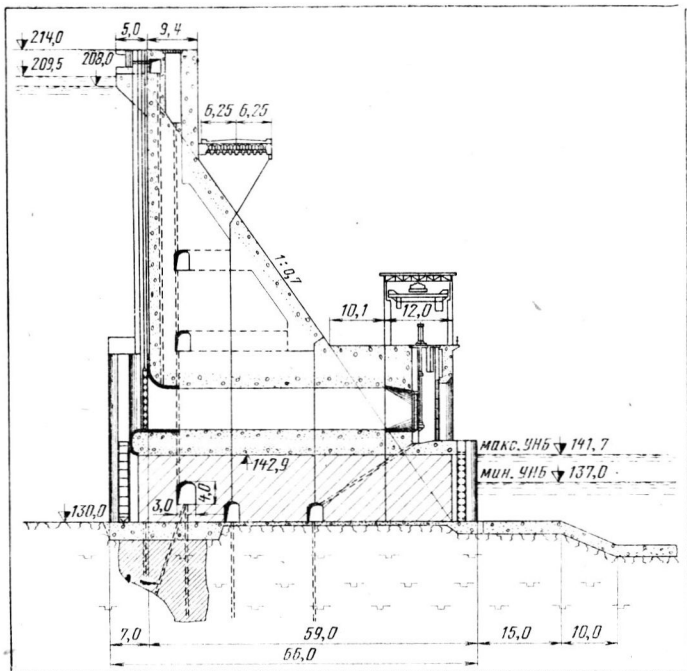


Богучанская ГЭС. Схематический план гидроузла.

половодья общий подъем уровней достигает 5—8 м над минимальным зимним уровнем воды в реке. Весенний ледоход продолжается 9—10 дней (максимальная продолжительность до 17 дней). Ледовый режим нижнего бьефа после сооружения гидроузла будет характеризоваться образованием полыньи протяженностью 12—26 км в результате поступления из водохранилища относительно теплой воды.

В районе створа Богучанской ГЭС Ангара пересекает скальный массив, сложенный осадочными породами (известняками, песчаниками, аргиллитами, алевролитами). Эти породы прорваны в отдельных местах интрузией изверженных пород (долеритами), близкими по физико-механическим свойствам к диабазам оснований Братской и Усть-Илимской ГЭС.

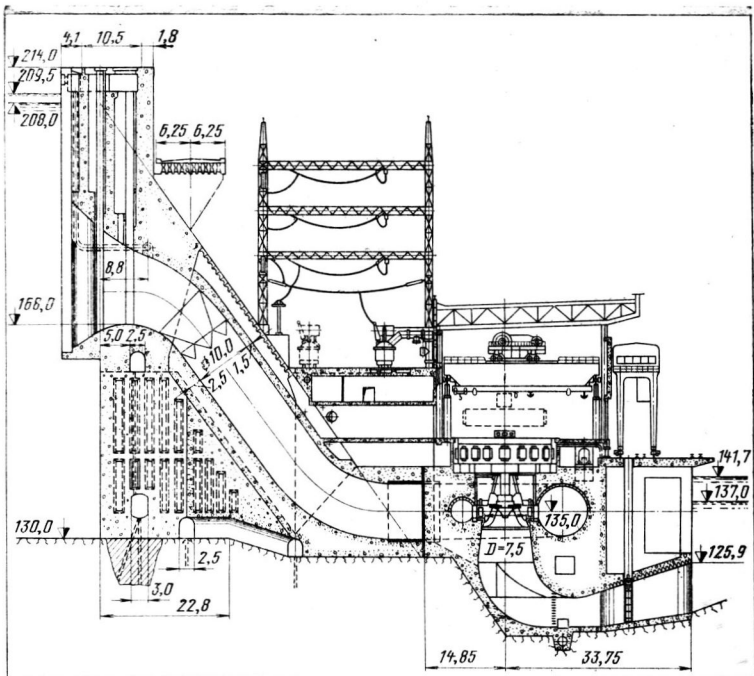
Интрузия долеритов определяет сужение долины на участке расположения гидроэлектростанции до 2—3 км при средней ширине русла 1,9 км. Низкие террасы на этом участке прослеживаются узкой полосой только вдоль левого берега. Подмываемый правый берег и правобережная часть русла сложены скальными осадочны-



Богучанская ГЭС. Разрез по бетонной плотине.

ми породами; более высокий левый берег и левобережная часть русла — изверженными породами. Толща осадочного комплекса неоднородна по составу пород, степени их выветрелости и трещиноватости. В правобережном примыкании скальный массив расчленен рядом тектонических трещин. В районе гидроузла разведаны месторождения строительного камня, горной массы, песчано-гравелистых грунтов, песка и растительного грунта. Эти карьеры обеспечат строительство необходимыми материалами для основных видов работ.

При разработке вариантов конструкций и компоновки сооружений гидроузла учитывались суровые климатические условия района строительства, особенности гидрологического и ледового режимов, инженерно-геологические условия створа и наличие местных строительных материалов. При этом преследовалась цель максимального сокращения стоимости основных сооружений, ме-



Богучанская ГЭС. Разрез по зданию гидроэлектростанции.

таллоемкости, трудовых затрат и объема привозных материалов.

В результате всестороннего технико-экономического сопоставления разработанных вариантов в техническом проекте принята как наиболее оптимальная, приплотинная компоновка основных сооружений.

В состав основных сооружений Богучанского гидроузла входят бетонная плотина общей длиной 756 м, плотина из грунтовых материалов длиной 1833 м, здание гидроэлектростанции приплотинного типа, открытые распределительные устройства (ОРУ) 220 и 500 кВ со служебно-технологическим корпусом, временный шлюз для пропуска во время строительства гидроузла судов и леса в плотях, постоянное лесосудопропускное сооружение. Длина сооружений подпорного фронта 2,6 км.

Бетонная гравитационная плотина максимальной высотой 87 м расположена в левобережной части долины,

частично на пойменной террасе и частично в русле Ангары. Ее основанием служат прочные изверженные породы — долериты. По функциональному назначению плотина делится на станционную, водосбросную и глухие части. Левобережная глухая и станционная части размещаются на левобережной пойме. Водосбросная часть плотины с отверстиями для пропуска строительных расходов и с временным шлюзом располагается в левобережной части русла.

Такая компоновка гидроузла позволяет максимально сократить объем перемычек и выполнить все бетонные сооружения в одном котловане. Кроме того, проект позволяет уменьшить объем бетона, подлежащего укладке до перекрытия русла Ангары, ограничившись лишь возведением гребенки водосбросных отверстий и сопрягающих сооружений.

В водосбросной части плотины размещено пять донных отверстий пролетом по 14 м, через которые будет осуществляться пропуск строительных расходов до начала наполнения водохранилища. В период наполнения водохранилища расходы Ангары будут пропускаться через глубинные водосбросные отверстия.

В станционной части плотины размещаются водоприемники здания гидроэлектростанции, через которые вода сталелитейнобетонными трубопроводами должна подводиться к спиральным камерам гидротурбин. На гидроэлектростанции будет установлено двенадцать гидроагрегатов с радиально-осевыми турбинами единичной мощностью около 340 МВт, с диаметром рабочего колеса 7,5 м. Проектная установленная мощность Богучанской ГЭС 4,0 млн. кВт, среднемноголетняя выработка энергии 17,8 млрд. кВт·ч.

Из 12 гидроагрегатов 9 будут выдавать электроэнергию на напряжении 500 кВ и 3 — на напряжении 220 кВ. Главной схемой электрических соединений предусматривается каждый генератор соединить с трехфазным трансформатором мощностью 400 МВ·А. Три таких трансформатора объединяются в один укрупненный блок мощностью 1 млн. кВт. Каждый из укрупненных блоков воздушной переключкой присоединяется к шинам ОРУ 500 кВ. ОРУ 220 и 500 кВ размещены на высоких отметках левого берега. Для их соединения между собой предусмотрена установка трех автотрансформаторов общей мощностью 1 млн. кВт.

Кроме бетонной плотины в напорный фронт гидроузла входит плотина из грунтовых материалов, перекрывающая русло реки и правобережный склон долины. Плотина из грунтовых материалов занимает около 70% напорного фронта. Такая компоновка Богучанского гидроузла в полной мере учитывает сложные природно-климатические и инженерно-геологические условия, а также трудности в транспортном обеспечении строительства; принятый вариант позволил существенно сократить объем привозных материалов и уменьшить потребность в цементе и арматуре.

Например, по сравнению с другим вариантом компоновки гидроузла с совмещенным зданием гидроэлектростанции у левого берега общий объем внешних перевозок сокращается на 243 тыс. т за счет уменьшения, в частности, потребности в арматурной стали на 43 тыс. т, цемента — на 31 тыс. т и т. д.

В связи с указанным особое внимание было уделено выбору конструкции плотины из грунтовых материалов. В результате произведенных проработок по совокупности строительных и технико-экономических характеристик конкурирующими были признаны две конструкции плотины: однородная намывная и каменно-набросная с центральной диафрагмой из негрунтовых материалов. Оба варианта были разработаны с необходимой полнотой и одинаковой степенью подробности. Наиболее предпочтительной представляется однородная намывная плотина.

Намывная плотина будет возводиться из мелкозернистых песков, месторождение которых находится на правом берегу реки, на расстоянии 3 км от створа гидроузла. Плотина имеет строительную высоту 77 м и общую длину 1833 м, из которых 1628 м приходится на русловый участок. Ширина плотины по гребню 20 м. Верховой откос имеет в среднем заложение 4,2, а низовой — 4,5. Верховой откос крепится горной массой толщиной 4 м на метровом слое гравия. Низовой откос закреплен 2,5-метровой отсыпкой горной массы. В зоне активного волнового воздействия верховой откос крепится железобетонными плитами толщиной 0,3 м. Сопряжение бетонной плотины из грунтовых материалов осуществляется бетонной шпорой.

Одной из особенностей строительства Богучанской ГЭС является то обстоятельство, что через ее створ уже

Сейчас производится большой объем лесосплава. Это предопределяет необходимость строительства не только постоянного лесосудопропускного устройства, но и временного шлюза для пропуска леса в период строительства гидроузла.

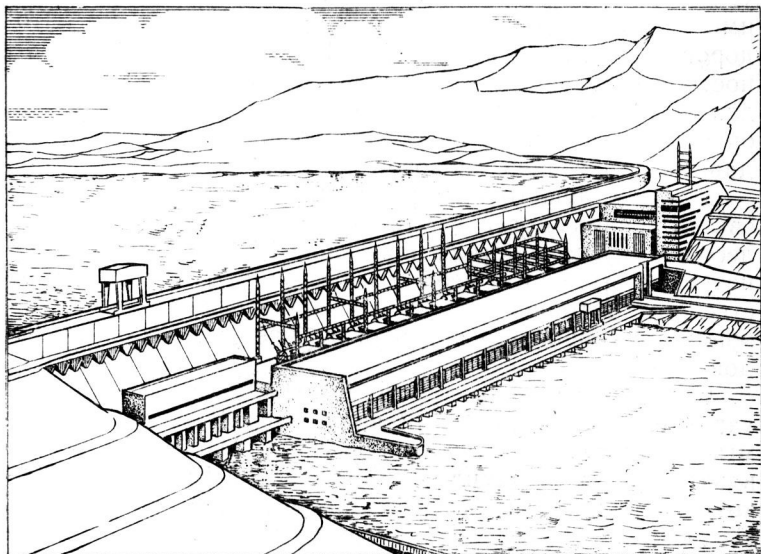
Временный шлюз совмещен с одной из секций бетонной плотины и выполняется в виде донного отверстия увеличенной высоты. Камера временного шлюза частично образована полубычками донного отверстия, а за пределами секции плотины — железобетонной конструкцией докового типа. Временный шлюз предназначен для пропуска леса в плотях и судов с момента перекрытия русла Ангары до начала наполнения водохранилища.

Постоянное лесосудопропускное сооружение спроектировано на правом берегу. Оно выполняется в виде наклонного бескамерного судоподъемника и состоит из самоходной трехсекционной платформы, перемещающейся по рельсам, ремонтных заграждений верхнего и нижнего бьефов, ограждающих волнозащитных дамб и низового подхода.

Для надежности правобережного примыкания плотины из грунтовых материалов и обеспечения устойчивости берегового склона как в период строительства, так и в процессе эксплуатации разработан комплекс специальных противооползневых мероприятий.

Разработанные в проекте Богучанской ГЭС технические решения — смешанная компоновка гидроузла, переход на турбины большего диаметра (7,5 м), совмещение строительных и эксплуатационных водосбросов дали возможность уменьшить объем бетона и расход металла по гидроузлу по сравнению с Усть-Илимской ГЭС. Так, длина бетонной плотины на Богучанской ГЭС примерно в два раза меньше, чем на Усть-Илимской. В результате объем бетонных работ на Богучанской ГЭС составляет 2,5 млн. м³ вместо 4,2 млн. м³ на Усть-Илимской ГЭС. Расход арматурной стали и металлоконструкций на Богучанской ГЭС по сравнению с Усть-Илимской ГЭС будет меньше почти на 15 тыс. т. На 320 тыс. т уменьшится и расход цемента.

В то же время на строительстве Богучанской ГЭС значительно возрастает объем земельно-скальных работ. Суммарный объем выемок по основным сооружениям и карьерам с учетом переработки грунтов на складах, кавальерах и отвалах составит 80 млн. м³. При этом при-



Богучанская ГЭС. Вид с нижнего бьефа (проект).

мерно половина общего объема работ по выемкам мягких грунтов будет осуществлена способом гидромеханизации. Основные объемы земельно-скальных работ будут по выемке грунта из котлованов бетонных и лесосудопропускных сооружений, намыву и отсыпке плотины из грунтовых материалов, отсыпке ограждающих перемычек, противооползневым мероприятиям, разработке карьеров, погрузочным и разгрузочным работам на складах и кавальерах, работам по рекультивации территории строительства. Грунты из профильных выемок, пригодные для возведения различных сооружений используются после дополнительной переработки.

Со строительством Богучанской ГЭС будет создано водохранилище протяженностью около 375 км при максимальной ширине до 16 км. Полный объем водохранилища составит 58,2 км³, полезный — 2,3 км³ при глубине сработки 1 м.

Для подготовки ложа водохранилища предусматривается: вынести из зоны водохранилища 31 населенный пункт, в котором проживает около 12 тыс. человек. Разумеется, что на новом месте необходимо создать бытовые

условия для жителей намного лучше тех, которые они имели. С этой целью предстоит проложить 110 км автодорог с твердым покрытием и 125 км грунтовых дорог, построить 112 км воздушных и 70 км кабельных линий для организации внешней телефонно-телеграфной связи, организовать центральное электроснабжение вновь создаваемых поселков, совхозов и леспромхозов.

В зоне будущего водохранилища предстоит полностью свести товарный лес в объеме 10,7 млн. м³ и провести лесочистку на участках площадью 18,2 тыс. га. Намечено также выполнить необходимые работы по рыбохозяйственному и транспортному освоению создаваемого водохранилища, провести археологические раскопки и исследования.

Современные проекты гидротехнических сооружений характеризует тщательный анализ влияния проектируемых объектов на окружающую среду. Исследования показали, что водохранилище Богучанской ГЭС окажет некоторое влияние на климат прилегающих территорий. Из всех климатических изменений наиболее заметными будут температурные. В прилегающих к водохранилищу районах климат станет мягче, что положительно скажется на развитии сельского хозяйства в этой зоне. На участках с горным рельефом следует ожидать увеличения осадков на склонах, обращенных к водохранилищу. Предполагается, что скорость ветра над водохранилищем возрастет в 1,3—1,5 раза.

Площадь подтопленных водохранилищем земель незначительна — около 0,7 тыс. га. Переработка берегов затронет лишь лесные массивы и небольшие участки сельскохозяйственных угодий.

Местоположение Богучанской ГЭС совпадает с районом концентрации полезных ископаемых (уголь, руды черных и цветных металлов, бокситы, минеральные строительные материалы) и уникальных лесных ресурсов Нижнего Приангарья. Это предопределяет роль гидроэлектростанции как пионерного объекта в формировании Нижне-Ангарского территориально-производственного комплекса.

Одним из основных направлений специализации этого территориально-производственного комплекса явится в перспективе лесная и деревообрабатывающая промышленность. Здесь будут размещены лесопромышленные комплексы. С сооружением Богучанской ГЭС и строи-

тельством транспортных коммуникаций в этом районе будут созданы благоприятные условия для вовлечения в промышленную эксплуатацию тагарских железных руд и чадобецких бокситов. Наличие энергии и руды создаст предпосылки для размещения здесь глиноземно-алюминиевого производства.

Создаваемая при строительстве Богучанской ГЭС производственная и социальная инфраструктура и формирование крупного территориально-производственного комплекса явятся основой для дальнейшего хозяйственного освоения более северных районов Ангаро-Енисейского региона.

Комплексное развитие всего района, тяготеющего к Богучанской ГЭС, предполагает необходимость создания здесь мощной строительной базы. Поэтому строительная база для сооружения Богучанской ГЭС запроектирована в капитальных конструкциях заводского изготовления. В дальнейшем она явится основой базы строительной индустрии будущего территориально-производственного комплекса. Для размещения строительной базы гидроузла выбрана надпойменная терраса на левом берегу, в 2 км ниже створа основных сооружений, с благоприятными инженерно-геологическими и топографическими условиями.

Для расселения гидростроителей и эксплуатационного персонала гидроэлектростанции, а в будущем трудящихся, занятых на строительстве и эксплуатации объектов Богучанского промышленного узла, предусмотрено создание вблизи гидроузла современного города. Первоочередная левобережная часть этого города, предназначенная для расселения гидростроителей и жителей выносимого из зоны водохранилища районного центра Кежма, размещается в 8—10 км южнее створа гидроузла. Площадка характеризуется спокойным рельефом с незначительным уклоном в сторону водохранилища, имеет южную ориентацию и расположена с подветренной стороны по отношению к будущей промышленной зоне правого берега. Застройка города будет вестись крупнопанельными жилыми домами улучшенных серий, а в зоне усадебной застройки — деревянными домами.

В основу архитектурно-планировочного решения застройки города заложен принцип создания современного компактного жилого района с полным комплексом инже-

нерного благоустройства и культурно-бытового обслуживания, включая установку в домах электроплит и телевизионных приемных устройств.

Электроснабжение района строительства Богучанской ГЭС будет осуществляться от городской подстанции, расположенной в коммунальной зоне города. В период строительства питание подстанции осуществляется по двум цепям линии электропередачи напряжением 220 кВ, отходящим от переключательного пункта ВЛ Братск — Усть-Илимск.

Теплоснабжение объектов строительства предусматривается от электростанций. После окончания строительства Богучанской ГЭС, когда в ее районе будут сооружаться и вводиться различные предприятия Богучанского промышленного узла и появится железная дорога, электростанции будут заменены топливными котельными.

В 1976 г. гидростроители приступили к сооружению автодороги от пос. Седаново до створа гидроэлектростанции. В районе пос. Кодинская заимка началось обустройство опорного пункта и сооружение небольшого временного поселка.

Кроме того, в 1976 г. начаты строительство высоковольтной линии Седаново — Богучанская ГЭС и создание базы для возведения капитального поселка гидростроителей. Основные работы на гидроузле планируется развернуть после открытия сквозного движения по автодороге Братск — Седаново — Богучанская ГЭС и подведения из пос. Седаново линии электропередачи.

С завершением строительства Богучанской ГЭС суммарная мощность гидроэлектростанций ангарского каскада достигнет 13 млн. кВт с годовой выработкой электроэнергии более 66 млрд. кВт·ч в средний по волности год. Таким образом, 70% полного гидроэнергетического потенциала Ангары и более 82% экономически эффективной его части практически будет поставлено на службу народному хозяйству страны. Ни одна река в СССР не имеет столь высокой энергоотдачи в настоящее время, да и в перспективе ее могут превзойти лишь реки Енисей, Лена и Пяндж. Из этих рек наибольшие перспективы имеет р. Енисей, на которой уже эксплуатируется крупнейшая в СССР Красноярская ГЭС имени 50-летия СССР и завершается строительство еще более мощной Саяно-Шушенской ГЭС.

Водосливные отверстия с пролетом в свету 25 м и напором на гребне 10 м перекрываются плоскими скользящими затворами. Пропускная способность водосливных пролетов составляет 12 000 м³/с. Сливающаяся с плотины вода высоким водосливным носком отбрасывается в нижний бьеф на расстояние более 100 м, что предохраняет основание сооружений от подмыва. В нижней части профиля водосливной плотины предусмотрены донные отверстия для пропуска расходов в периоды строительства и наполнения водохранилища (так называемые донные отверстия первой очереди): 18 таких отверстий размером 6×12 м каждое рассчитывались на пропуск паводка повторяемостью 1 раз в 20 лет.

Перед началом заполнения водохранилища 10 донных отверстий первой очереди были заделаны, а 8 перестроены в отверстия второй очереди с уменьшением их размеров до 5×5 м каждое. По напорной грани плотины перед донными отверстиями предусмотрены выносные пазы для аварийно-ремонтного заграждения.

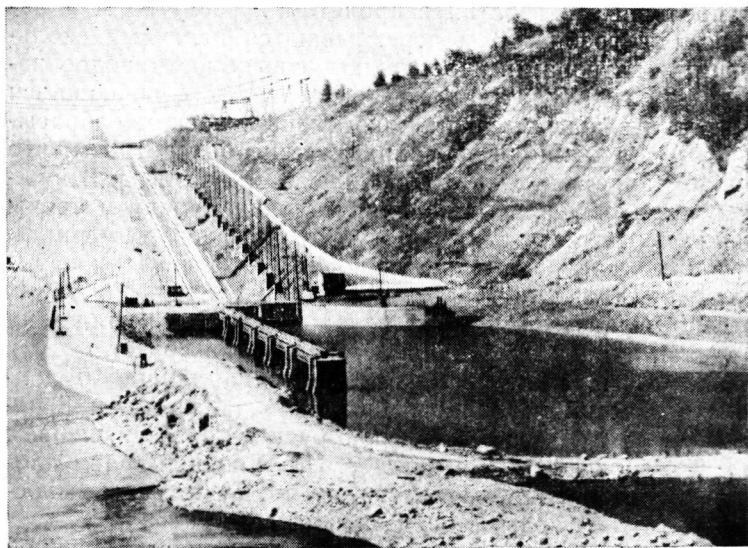
Станционная плотина размещена в правобережной части русла. В верхней части профиля ее расположены водозаборные отверстия для 12 гидроагрегатов по одному в каждой секции с гидроподъемниками. По всей длине станционной плотины установлены решетки, которые вынесены в сторону верхнего бьефа за лицевую грань плотины.

Напорные обетонированные трубопроводы диаметром 7,5 м размещены на низовой грани плотины. Каждые два трубопровода перед зданием гидроэлектростанции объединяются с помощью тройника в один для присоединения к спиральной камере турбины.

Здание гидроэлектростанции длиной более 400 м разделено по числу агрегатов на 12 блоков шириной 30 м каждый и монтажную площадку — 60 м. С низовой стороны здания гидроэлектростанции предусмотрен служебный мост, по которому передвигается козловой кран, обслуживающий ремонтные заграждения отсасывающих труб. С верховой стороны к зданию гидроэлектростанции примыкает трансформаторная площадка.

Машинный зал шириной в свету 31 м и высотой 18,7 м обслуживается двумя мостовыми кранами грузоподъемностью 550/125/10 т.

Конструкция машинного зала выполнена из сборных железобетонных колонн с шагом 12 м, стенового запол-



Судоподъемник Красноярской ГЭС.

нения из железобетонных панелей и стекла. Потолок подвесной, крепится к нижнему поясу ферм. Подкрановые балки — металлические.

На гидроэлектростанции установлены радиально-осевые гидротурбины, изготовленные объединением «Ленинградский металлический завод» и являющиеся одними из крупнейших в мире. В турбинах применено новое высокоэффективное рабочее колесо, имеющее пропускную способность на 30—40% большую по сравнению с существовавшими ранее образцами.

Конструктивными особенностями турбины являются: цельносварное рабочее колесо, несамооткрывающийся направляющий аппарат, спиральная камера с увеличенным скоростным коэффициентом. Соответственно турбинам на гидроэлектростанции были установлены уникальные гидрогенераторы и другое электрическое оборудование.

В состав гидроузла включены также судоходные сооружения — наклонный судоподъемник с аванпортом и нижним подходным каналом. Судоподъемник продольно-наклонного типа с поворотным устройством на

стыке верховых и низовых судовозных путей. Перемещение судов из одного бьефа в другой производится в самоходной судовозной камере с гидроприводом, которая может опускаться в воду. При уклоне судовозных путей 1:10 длина верхового пути равна 357 м, низового — 1242 м. Высота подъема камеры по нижнему наклонному пути (максимальная) равна 118 м, по верхнему — от 17 до 30 м. Продолжительность одного полного (двустороннего) цикла работы судоподъемника составляет 93 мин.

Водохранилище Красноярской ГЭС расположено на территории восьми административных районов Красноярского края. Площадь его зеркала 2000 км², протяженность 388 км. Максимальная ширина водохранилища 12—15 км, наибольшая глубина 100 м.

В результате создания водохранилища было изъято из сельскохозяйственного использования 120 тыс. га земель. Это, конечно, большие потери. Для их компенсации предусмотрено оросить 5010 га и осушить 5570 га земли, а также провести эффективные культурно-технические мероприятия на площади 60 600 га. При выполнении этих работ будет обеспечено повышение уровня сельскохозяйственного производства по сравнению с существовавшим.

Из зоны затопления было переселено около 51 тыс. жителей в 30 новых благоустроенных населенных пунктов современной планировки. Непосредственно в зоне водохранилища была произведена лесочистка на площади в 16 тыс. га с заготовкой 466 тыс. м³ товарной древесины хвойных пород. Кроме того, мероприятиями по транспортному освоению водохранилища предусмотрено создание судходной трассы протяженностью 483 км, сети грузопассажирских пристаней и крупной перевалочной базы в Абакане.

Работы по сооружению гидроэлектростанции начались в 1956 г. Суровые климатические условия, отсутствие надежных транспортных связей и отдаленность объектов строительства от существующих баз строительной индустрии потребовали создания собственного строительного хозяйства. Были построены электрифицированный железнодорожный путь до строительной площадки протяженностью 33 км, автодорога длиной 28 км с мостом через Енисей. Для строителей был возведен благоустроенный город Дивногорск и ряд поселков.

Принятая схема организации строительства позволила разместить практически все объекты строительного хозяйства на одном берегу, что дало значительный экономический эффект.

Топографические и гидрологические особенности этого района обусловили сооружение гидроузла в две очереди с последовательным ограждением перемычками до половины ширины русла. Расположение водосливной плотины в левобережной части русла диктовало первоочередность освоения левобережного котлована.

Впервые в условиях Сибири здесь была применена земляная продольная перемычка с ядром из супесчаного грунта. В котловане первой очереди возводились подводная часть водосливной и глухих плотин, гребенка плотины с 10 пролетами по 21 м, а также отдельный пирс.

После пропуска паводка пролеты гребенки поочередно закрывались и переоборудовались в 18 отверстий первой очереди размером 6×12 м. Отверстия были снабжены плоскими затворами. В дальнейшем водосливная плотина наращивалась независимо от условий пропуска паводка.

Строительство Красноярского гидроузла можно разбить на четыре периода: начальный, когда было осуществлено строительство подъездных дорог и временных поселков; подготовительный — освоение строительной площадки и перекрытие реки; основной — производство основных работ, начальное наполнение водохранилища и пуск первых двух агрегатов и заключительный — поэтапный пуск агрегатов и наполнение водохранилища до нормального подпорного уровня.

Наполнение водохранилища началось весной 1967 г. и в ноябре этого же года были введены в эксплуатацию первые два агрегата на пониженном напоре. В 1972 г. крупнейшая в то время в мире Красноярская ГЭС мощностью 6 млн. кВт была сдана в промышленную эксплуатацию.

Несмотря на тяжелые климатические условия, сложность сооружений и большие объемы работ, основные сооружения гидроэлектростанции были построены в сравнительно короткие сроки. Этому способствовало и то, что Красноярская ГЭС была Всесоюзной ударной комсомольской стройкой. Большинство ее строителей — комсомольцы и молодежь. Они своим трудом и энергией внесли основной вклад в создание гиганта на Енисее.

За большой вклад комсомольцев и молодежи в строительство Красноярской ГЭС и г. Дивногорска, за активную работу по воспитанию молодежи Дивногорская комсомольская организация была награждена орденом Трудового Красного Знамени.

Следует отметить, что стройки гидроэнергетики становятся для молодежи символом мужества и стойкости. Молодые гидроэнергетики приумножают традиции Ленинского комсомола, традиции строителей Днепрогэса и Волжских гидроэлектростанций.

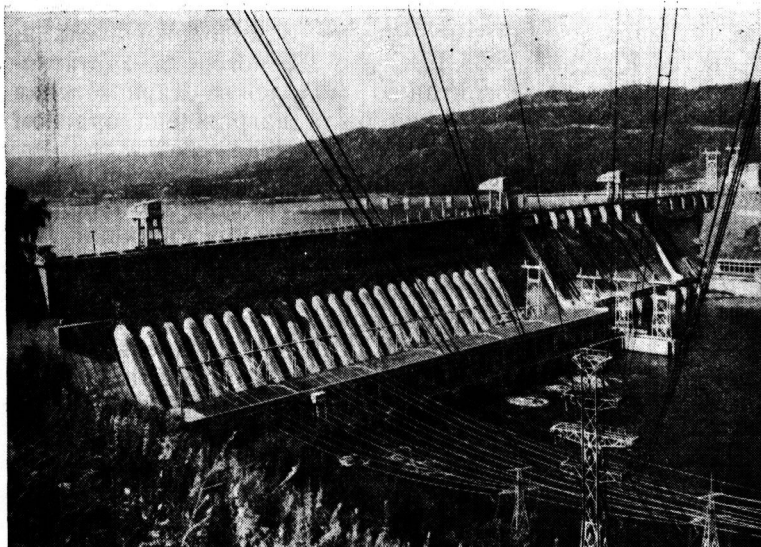
На строительстве Красноярской ГЭС был осуществлен ряд новых технических решений, внедрены новейшие достижения науки. Высокое профессиональное мастерство проектировщиков и изыскателей позволило создать исключительно рациональную компоновку гидроузла. За создание Красноярской ГЭС ведущим инженерам была присуждена Ленинская премия 1973 г. в области науки и техники.

Красноярская ГЭС отличается низким расходом строительных материалов. По сравнению с крупными отечественными и наиболее известными зарубежными объектами подобного типа эта гидроэлектростанция имеет самые низкие показатели объема бетона на 1 кВт установленной мощности.

На строительстве Красноярской ГЭС впервые в СССР было применено трубное охлаждение массивных бетонных блоков. Принятая компоновка с наружными напор-

Удельные показатели объема бетона по некоторым гидроэлектростанциям

Гидроэлектростанция	Установленная мощность, МВт	Среднеголетняя выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч	Объем бетона и железобетона, млн. м	Количество бетона на 1 кВт установленной мощности, м ³
Красноярская (СССР)	6000	20,4	5,96	0,99
Братская (СССР)	4500	22,7	4,86	1,06
Гранд-Кули (США)	1974	14,79	8,10	4,10
Шаста (США)	375	1,72	4,20	11,10
Фонтана (США)	202	0,91	2,15	10,62
Гран-Диксанс (Швейцария)	760	1,85	5,96	7,84



Красноярская ГЭС. Вид с нижнего бьефа.

ными трубопроводами позволила производить монтаж этих трубопроводов по мере ввода агрегатов, что в конечном итоге привело к сокращению срока строительства и обеспечило повышение эффективности капитальных вложений.

Оригинально были решены и вопросы пропуска ледохода. Перед ледоходом закрывали часть донных водосбросов, благодаря чему уровень воды в верхнем бьефе поднимался на 13 м. При этом резко снижались подходные скорости и исключалась закупорка льдом донных отверстий. Через неделю подтаявший и потерявший прочность лёд после понижения уровня сбрасывался в нижний бьеф через донные отверстия.

Таким образом, проектирование и строительство Красноярской ГЭС явилось важным этапом развития, а также и использования достижений научно-технического прогресса в гидроэнергетическом строительстве. Ее сооружение потребовало внедрения в энергетическую промышленность, электромашиностроение и технологию строительства принципиально новых конструкций, механизмов, оборудования и приборов.

Красноярская ГЭС является одной из наиболее эффективных гидроэлектростанций страны. Удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности здесь ниже, чем на самых экономичных тепловых электростанциях в районах Сибири; в 3—4 раза меньше, чем на тепловых электростанциях, и себестоимость производства электроэнергии.

Чрезвычайно велика роль Красноярской ГЭС в энергосистеме Сибири. С ее пуском завершилось формирование этой системы, а сама гидроэлектростанция стала опорным пунктом межсистемной электрической связи.

Кроме энергетического Красноярская ГЭС имеет большое водохозяйственное значение. Созданное гидроузлом водохранилище позволяет практически полностью управлять стоком Енисея с учетом интересов всех отраслей народного хозяйства. Водоохранилище позволило улучшить обеспечение водой Красноярска, повысить гарантированные судоходные глубины и увеличить продолжительность навигации водного транспорта, значительно снизить паводковые расходы, предотвратив возможность наводнений (особенно для Красноярска).

Красноярская ГЭС сыграла весьма важную положительную роль в формировании и развитии Центрально-Красноярского территориально-производственного комплекса. Центрально-Красноярский ТПК характеризуется благоприятными условиями для размещения предприятий многих отраслей народного хозяйства.

Если ранее в этом территориально-производственном комплексе преобладала обрабатывающая промышленность, то со времени окончания строительства Красноярской ГЭС и Красноярского алюминиевого завода, работающего на глиноземе Ачинского завода, сложилось характерное для восточносибирских территориально-производственных комплексов сочетание мощной гидроэнергетики с не менее мощными энергоемкими производствами.

Центрально-Красноярский ТПК — это наиболее развитый в промышленном отношении район Центральной Сибири, протянувшийся примерно на 650 км вдоль транссибирской магистрали. Здесь сосредоточены крупный комплекс лесохимических производств, целлюлозно-бумажный и деревообрабатывающий комбинаты, производства синтетического каучука, шинный завод и завод резинотехнических изделий. В территориально-производ-

ственном комплексе действуют крупные предприятия машиностроения и металлообработки. В Красноярске находятся заводы «Сибтяжмаш», «Сибэлектросталь», комбайновый, судостроительный и многие другие предприятия. Территориально-производственный комплекс располагает развитой легкой промышленностью, в частности, в Канске действует крупный хлопчатобумажный комбинат.

В десятой пятилетке будет введена в эксплуатацию первая очередь Ачинского нефтеперерабатывающего завода, что создаст благоприятные возможности для развития в территориально-производственном комплексе нефтехимической промышленности. Будут расширены и реконструированы существующие предприятия обрабатывающей промышленности.

Дешевая электроэнергия Красноярской ГЭС, мощная строительная база и созданный высококвалифицированный коллектив строителей в немалой степени способствовали становлению и быстрому развитию этого очень перспективного индустриального района Центральной Сибири.

По мере завершения строительства Красноярской ГЭС отряды строителей постепенно начали перебазироваться на другой объект. Им стала Саяно-Шушенская гидроэлектростанция.

САЯНО-ШУШЕНСКАЯ ГЭС

Саяно-Шушенская ГЭС является второй после Красноярской гидроэлектростанцией на Енисее, использующей участок реки с падением более 200 м от г. Кызыла Тувинской АССР до г. Саяногорска (бывший пос. Означенное). В районе створа Саяно-Шушенской ГЭС река протекает в узкой глубокой долине с крутыми скальными склонами. Ширина русла на уровне поймы около 360 м, на отметке гребня плотины — 1000 м. Берега реки покрыты лесом и кустарником.

Гидроузел расположен в центральной части Джойско-Кибикского структурно-тектонического блока, ограниченного южной ветвью Саяно-Минусинского глубинного разлома на севере и Борусским региональным разломом на юге. Сейсмичность района основных гидротехнических сооружений — 7 баллов. Участок створа сложен кристаллическими сланцами, Мощность покрова дедю-

вия в береговых примыканиях плотины в среднем составляет 1—3 м, мощность аллювиальных отложений в русле реки достигает 5—6 м.

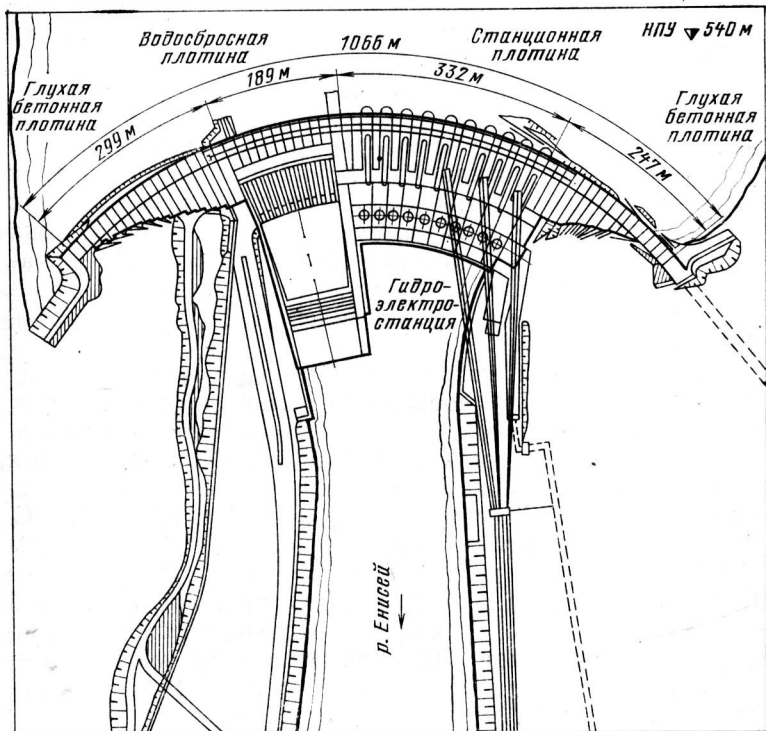
Основные нарушения сплошности массива и изменения свойств пород на участке основных сооружений связаны с наличием трех тектонических зон, пересекающих русло реки под углом 70° . Мощность зон дробления 0,5—1,5 м. Кроме этих зон в основании сооружений имеется несколько десятков тектонических трещин. Зона интенсивного выветривания коренных пород на участке плотины составляет 5—15 м. Практический водоупор в русле и на берегах залегает на глубине 120—130 м.

Климатические условия в Саянском коридоре, где строятся основные сооружения гидроэлектростанции, умеренно континентальные, что обусловлено орографическими особенностями этого района. Средняя годовая температура воздуха $+0,8^\circ\text{C}$, самого холодного месяца (январь) $-17,3^\circ\text{C}$, самого жаркого (июль) $+17,9^\circ\text{C}$. Абсолютный минимум температуры -44°C , максимум $+38^\circ\text{C}$. Переход средней суточной температуры через 0°C происходит в первой декаде апреля и во второй декаде октября. Годовая сумма осадков в районе строительства составляет 708 мм, суточный максимум — 89 мм. Средняя годовая скорость ветра 1,1 м/с, максимальная — 20 м/с.

Многолетние характеристики стока в створе гидроузла определены по 60-летнему ряду наблюдений. Средний годовой расход за этот период составил $1480 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимумы летне-осенних паводков, вызываемые ливневыми дождями и наблюдаемые чаще всего в июле-августе, обычно ниже наибольших расходов весеннего половодья. Минимальные годовые расходы наблюдаются в начале ледостава и в конце зимы.

Расход притока воды в половодье обеспеченностью 1%, т. е. повторяемостью один раз в сто лет, оценивается в $13\,500 \text{ м}^3/\text{с}$. По наблюдениям наименьший зимний расход у г. Саяногорска отмечен 28 марта 1933 г. — $150 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный расход при открытом русле наблюдался 28 октября 1909 г. — $510 \text{ м}^3/\text{с}$.

Ледовый режим Енисея в районе створа характеризуется продолжительным осенним шугоходом (15—60 дней) с интенсивным образованием донного льда. Ледостав начинается в середине декабря и носит за-



Саяно-Шушенская ГЭС. Схематический план гидроузла.

жорный характер. Продолжительность периода ледостава 130—150 дней. Наибольшая толщина льда в марте достигает в отдельные зимы 160—200 см. Вскрытие реки происходит в конце апреля — начале мая, продолжительность ледохода 5—10 дней. Средние скорости течения воды в паводок равны $4,2 \text{ м}^3/\text{с}$, наибольшие достигают $5,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

В состав сооружений Саяно-Шушенской ГЭС входят: бетонная арочно-гравитационная плотина с водосбросной правобережной частью и здание гидроэлектростанции, примыкающее к центральной и левобережной частям плотины. Плотина имеет высоту 242 м, длину по гребню — 1066 м, ширину по основанию — 106 м и по гребню — 25 м. Радиальные вертикальные строительные швы разрезают плотину на секции шириной 15,8 м (по

напорной грани). В продольном направлении плотина разрезана на столбы длиной 25—27 м.

Эксплуатационные водосбросные отверстия размещены в правобережной части плотины. Водосбросы состоят из одиннадцати суживающихся по длине напорных водоводов, плавно сопрягающихся с открытыми лотками шириной 7,18 м на низовой грани плотины. Водосбросы плотины рассчитаны на пропуск расхода 13 600 м³/с и обеспечивают при форсировании уровня верхнего бьефа на 4,5 м выше нормального подпорного уровня пропуск половодья, имеющего вероятность превышения 1 раз в 10 000 лет.

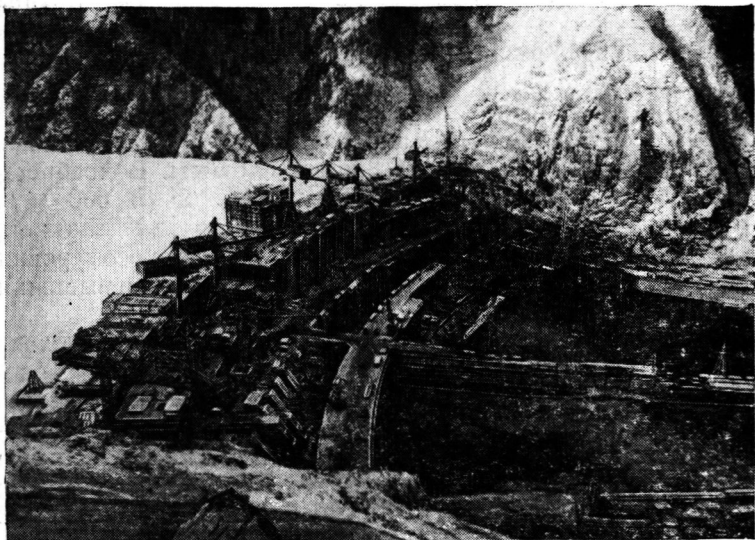
Гашение энергии потока, скорость которого на сходе с носка водослива достигает 50 м/с, происходит в водобойном колодце.

Форма водобойного колодца трапецеидальная с симметрично суживающимися в сторону нижнего бьефа сторонами, ширина его на начальном участке 136,5 м; на выходном сечении 97,0 м. Общая длина водобойных устройств составляет 244,5 м при собственной длине колодца 157,5 м. Заглубление плиты водобойного колодца обеспечивает благоприятные условия гашения энергии потока затопленным прыжком. По данным лабораторных исследований, водобойный колодец снижает максимальные скорости потока с 50 м/с на входе до 10 м/с в конце колодца.

Водосбросная часть плотины длиной 190 м имеет кроме эксплуатационных отверстий два яруса строительных водосбросов, которые после использования их в период строительства перекрываются щитами и заделываются бетоном.

Станционная часть плотины длиной по гребню 332 м расположена в левобережной части русла. К каждому агрегату примыкают две секции плотины, в одной из которых располагается порог водоприемника и турбинный трубопровод.

Решетки и затворы станционной и водосбросной частей плотины обслуживаются двумя козловыми кранами грузоподъемностью по 250/50/5 т. По пусковой схеме временная эксплуатация первых 6 гидроагрегатов будет осуществляться при пониженном уровне верхнего бьефа. Для этой цели на трех уровнях устраиваются временные водоприемники. Они перекрываются аварийно-ремонтными затворами, подъем которых производит-



Саяно-Шушенская ГЭС. Панорама строительства.

ся гидроподъемниками, устанавливаемыми в закрытом помещении за верхней гранью плотины.

Противофильтрационные мероприятия включают устройство в основании плотины глубокой цементационной завесы, которая состоит из специальной цементационной галереи и бортовых штолен. По всей площади основания устраивается укрепительная цементация. Зона цементации основания выходит за низовую грань плотины.

Здание гидроэлектростанции приплотинного типа имеет криволинейное очертание. Вместе с монтажной площадкой его длина около 300 м.

На гидроэлектростанции устанавливаются 10 агрегатов единичной мощностью 640 МВт при расчетном напоре 194 м, способных при больших напорах развивать мощность до 720 МВт. При установленной мощности 6,4 млн. кВт среднемноголетняя выработка энергии составит 23,5 млрд. кВт. ч.

Вода к турбинам подводится по индивидуальным сталежелезобетонным трубопроводам диаметром 7,5 м, размещенным на низовой грани плотины, чтобы не

ослаблять ее профиль и значительно упростить производство бетонных работ.

Трубопроводы рассчитаны на совместную работу металлической облицовки и железобетонной оболочки, толщина которой составляет 1,5 м.

На открытой площадке между зданием гидроэлектростанции и плотиной располагаются повышающие однофазные трансформаторы. Блок монтажной площадки с трансформаторной мастерской, маслохозяйством, компрессорной и другим вспомогательным общестанционным оборудованием размещается у левого берега. Непосредственно к нему со стороны нижнего бьефа примыкает служебно-технологический корпус, в котором находятся пульт управления гидроэлектростанцией, лаборатории, мастерские, а также другие служебные и бытовые помещения.

Открытое распределительное устройство 500 кВ размещается на левом берегу Енисея, в долине реки Карловой, на расстоянии 1,5 км от здания гидроэлектростанции. Главная схема электрических соединений предусматривает объединение двух гидроагрегатов в укрупненный энергоблок мощностью 1280 МВт. Мощность гидроэлектростанции выдается на распределительное устройство по одной трехцепной воздушной линии электропередачи, опоры которой устанавливаются вдоль левого берега, и по двухцепной высоковольтной линии на правый берег.

Подключение ОРУ 500 кВ к Объединенной энергетической системе Сибири осуществляется по четырем высоковольтным линиям напряжением 500 кВ: по двум из них — в направлении на Кузбасс, по двум остальным — повышенной пропускной способности — в район Саянского территориально-производственного комплекса.

Со строительством Саяно-Шушенского гидроузла будет создано водохранилище, подпор от которого распространится на 312 км. Большая часть водохранилища расположится в пределах Саянского ущелья, где ширина его не превысит 3 км и только в Тувинской котловине, где водохранилище имеет озеровидный характер, местами будет достигать 9 км. Общая площадь зеркала водохранилища 621 км². Полный объем водохранилища 31,3 км³, полезный 15,3 км³. Водоохранилище займет территорию малообжитых районов Красноярского края и Тувинской АССР.

Общая площадь затопляемых водохранилищем земель составит 54,6 тыс. га. Третью часть составляют сельскохозяйственные угодья, из них 2,9 тыс. га пашни. Для компенсации изъятых из сельскохозяйственного производства земель предусмотрено освоить под пашню 3,1 тыс. га залесенных земель и построить оросительные системы на площади 7,3 тыс. га.

В зоне водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС находится 18 населенных пунктов, в которых проживают 9,7 тыс. человек. Они переселяются в 5 вновь создаваемых населенных пунктов, включая город Новый Шаганар. В новых поселках предусматривается смешанная 1—2-этажная застройка.

Водоохранилище Саяно-Шушенской ГЭС будет осуществлять регулирование стока в интересах водохозяйственного комплекса, включающего энергетику, водный транспорт, водоснабжение и защиту населенных пунктов от наводнений. Соблюдение интересов всех участников комплекса потребовало наложить определенные ограничения на энергетический режим регулирования гидроэлектростанции.

В составе мероприятий по освоению водохранилища предусмотрено строительство **рыбоводного завода** для выращивания 50 млн. личинок сиговых рыб и 0,5 млн. осетровых.

В транспортном отношении Енисей в зоне Саяно-Шушенского водохранилища сейчас используется только на отдельных участках. Для его использования в качестве транзитной водной магистрали предусматривается сооружение в составе Саяно-Шушенского гидроузла судоподъемника и проведение соответствующих работ в русле самого Енисея, а также организация навигационных попусков из водохранилища для поддержания судоходных глубин на свободном от подпора участке Енисея между Красноярской и Саяно-Шушенской ГЭС.

Осуществление водохранилищем Саяно-Шушенской ГЭС суточного и недельного регулирования стока вызовет в то же время нежелательные колебания уровней в нижнем бьефе. Для нейтрализации этого явления предусматривается сооружение ниже по течению Майнской ГЭС, водохранилище которой будет выравнивать расходы воды после Саяно-Шушенской ГЭС.

Строительство Саяно-Шушенской ГЭС началось в неосвоенном районе Хакасской автономной области.

Ближайший крупный населенный пункт г. Абакан расположен в 120 км, а ближайшая железнодорожная станция Камышта — в 103 км от района строительства гидроузла.

Если учесть, что на сооружение гидроэлектростанции должно быть доставлено почти 5 млн. т грузов — главным образом оборудование и строительные конструкции, то становится вполне очевидно, что в данном случае одной из главных задач было сооружение железнодорожных и автомобильных дорог. Доставка рабочих колес турбин производится по Северному морскому пути на специально оборудованном судне. По Енисею оборудование подвозится речными баржами, имеющими малую осадку.

В основу развития строительной базы заложен принцип производственного кооперирования предприятий, расположенных на площадках Красноярской и Саяно-Шушенской гидроэлектростанций. Максимальное число строительных рабочих по проекту составляет в пиковый год 11,5 тыс. чел. Коллектив строителей формировался в основном за счет рабочих, участвовавших в сооружении Красноярской ГЭС. Однако, к сожалению, в полной мере использовать коллектив строителей для возведения второй гидроэлектростанции на Енисее не удалось из-за того, что разворот работ здесь начался через несколько лет после сдачи в промышленную эксплуатацию Красноярской ГЭС. Видимо, следует планировать строительство гидроэлектростанций, учитывая цикличность работ, с тем чтобы полнее использовать квалифицированные кадры на очередных стройках каскада.

Проектом производства работ предусмотрены высокие темпы строительства плотины: в пиковые годы интенсивность укладки бетона должна составить 2000 тыс. м³ при максимальной суточной норме 7500 м³. Это достигается большой производительностью бетонного хозяйства с заводом непрерывного действия и новыми бетоноукладочными кранами грузоподъемностью 25 т. На строительстве организован полигон для испытания новых видов опалубки и механизмов, успешно используется на уплотнении бетонной смеси в блоках манипулятор с выдвигной стрелой и навесными вибраторами, приспособленный для работы под шатрами. С 1977 г. на сооружении плотины в основном используется консольная опалубка,

Подготовительный период работ на строительстве Саяно-Шушенской ГЭС до начала работ непосредственно в русле реки продолжался 5 лет. За это время были построены подъездные автодороги, мост через Енисей, линии электропередачи, автобазы, домостроительный комбинат, началось сооружение объектов бетонного хозяйства. Вначале был построен бетонный завод производительностью 450 тыс. м³ бетона в год, а позднее — завод непрерывного действия, рассчитанный на выдачу 1200 тыс. м³ бетона в год.

Отсыпка верховой перемычки правобережного котлована с внутренним суглинистым ядром была начата в конце 1968 г. Пятилетняя ее эксплуатация доказала полную надежность такой конструкции. Перекрытие русла реки было осуществлено 11 октября 1975 г., после чего за короткий срок были отсыпаны земляные верховая и низовая перемычки левобережного котлована. Под защитой этих перемычек в декабре 1975 г. началась выемка скального грунта, а уже в первом квартале 1976 г. — бетонирование станционной части плотины.

Большие объемы работ были выполнены по скальным выемкам бортовых врезок плотины. Строители применили здесь немало находчивости. По крутому левобережному склону они подняли экскаватор ЭКГ-2,6 на нужную отметку и выполнили им основной объем врезки задолго до организации левобережного котлована. Это существенно ускорило работы по бетонированию станционной части плотины и обеспечило создание безопасных условий работы. Широким фронтом бетонирование блоков здания гидроэлектростанции началось во втором квартале 1977 г.

Интересный опыт накоплен в части пропуска расходов в период половодья. После перекрытия русла реки вплоть до 1978 г. вода пропусклась через донные отверстия первого яруса и открытые пролеты гребенки, которые образовали первые столбы отдельных секций водосбросной части **плотины**.

В течение 3 лет временной эксплуатации донных водосбросов лед беспрепятственно проходил через отверстия. В зимнее время отмечалась забивка шугой отдельных отверстий почти на полную высоту, но отрицательного влияния на пропуск воды и льда это не оказывало — до ледохода отверстия полностью очищались от льда.

В октябре 1978 г. донные отверстия первого яруса

были закрыты, началось наполнение водохранилища для создания напора, обеспечивающего нормальную работу первого гидроагрегата со сменным рабочим колесом. Расходы в нижний бьеф регулировались сегментным затвором, установленным на выходе из попускового водосброса в одной из секций плотины. Котлован здания гидроэлектростанции был затоплен в течение двух месяцев, и 19 декабря 1978 г. первый агрегат Саяно-Шушенской ГЭС был поставлен под промышленную нагрузку. Ввод первого агрегата почти на два года раньше срока стал возможным благодаря большому вниманию и помощи, которую оказывали всенародной стройке Центральный Комитет КПСС и Советское правительство.

С 1979 г. начался этап временной эксплуатации гидроэлектростанции, продолжительность которого по пусковому комплексу определена в 4 года. В первый год временной эксплуатации расходы половодья будут сбрасываться через 6 строительных отверстий второго яруса водосбросов, 4 пролета водосливной плотины и попусковый водосброс.

Во второй половине этого года намечается ввести в эксплуатацию второй гидроагрегат со сменным рабочим колесом и завершить в основном монтажные работы по третьему гидроагрегату, эксплуатация которого начнется, когда подъем воды в водохранилище позволит обеспечить минимальный напор 120 м для нормального рабочего колеса. В этот период пропуск половодья будет осуществляться через 6 отверстий второго яруса водосбросов и отверстие в секции плотины. С началом работы эксплуатационных водосбросов отверстия второго яруса будут забетонированы. При переходе на пропуск расходов через второй ярус и эксплуатационный водосброс будет произведено наращивание водобойной стенки для гашения затопленным прыжком возрастающей энергии потока.

Освоение мощности Саяно-Шушенской ГЭС намечается осуществить в две очереди: вначале будут введены 8 агрегатов. Ввод последних двух произойдет несколько позднее, когда в Объединенной энергетической системе Сибири появится необходимость в дополнительной электрической мощности.

Сооружение Саяно-Шушенской ГЭС дало новые примеры коммунистического отношения к труду. В ходе строительства гидроэлектростанции было развернуто со-

циалистическое соревнование, начатое 28 ленинградскими предприятиями и получившее горячую поддержку трудящихся Красноярского края. Надо сказать об особом участии ленинградцев в сооружении Саяно-Шушенской ГЭС. В Ленинграде выполнено 95% всех проектных и научно-исследовательских работ и изготавливается более 70% оборудования. В настоящее время в трудовом содружестве под руководством партийных организаций принимает участие более 170 предприятий Ленинграда, Красноярского края, Украины, Белоруссии, Азербайджана и других союзных республик, краев и областей страны.

«Рабочая эстафета» позволила ускорить темпы строительства гидроэлектростанции, обеспечила высокое качество работ и дала большой народнохозяйственный эффект. Объем бетона, который необходимо было уложить в плотину до пуска первого гидроагрегата, удалось сократить до 3 млн. м³ и приблизить соответственно на 2 года ввод гидроэлектростанции в действие. Борьба за экономию материалов в ходе строительства обеспечила экономию около 8 тыс. т металлопроката и 22 тыс. т цемента.

Гидростроители Саяно-Шушенской ГЭС, объединив инженерную мысль и рабочее мастерство, в короткий срок создали и внедрили новые способы комплексной механизации бетонных работ. В ходе сооружения гидроэлектростанции достигнута наивысшая в стране интенсивность укладки бетона — 152 тыс. м³ в месяц, в 2 раза превышены привычные для сибирских строек сменные нормы выработки.

Строительство Саяно-Шушенской ГЭС, где в настоящее время трудятся представители 54 национальностей, — яркий пример братской дружбы всех наций и народностей нашей великой Родины, торжества ленинской национальной политики.

Энергия Саяно-Шушенской ГЭС будет использоваться для электроснабжения строящегося Саянского территориально-производственного комплекса, а также предприятий Кузбасса.

Саянский ТПК площадью свыше 150 тыс. км² формируется в южной части Красноярского края, характеризующейся весьма благоприятными природными условиями. В пределах территориально-производственного комплекса имеются месторождения цветных и редких метал-

лов, угля, железных руд, известняков, нефелинов. Относительная близость его к основным промышленным центрам Западной Сибири, а также наличие развитой транспортной сети с выходом на Урал и в европейскую часть СССР создают условия для широких хозяйственных связей со всей страной. В пределах комплекса сосредоточено более одной трети посевных и все поливные земли Красноярского края. Все это обусловило значительную концентрацию населения в этом районе.

Формирование Саянского территориально-производственного комплекса началось в девятой пятилетке в соответствии с решениями XXIV съезда КПСС. В составе комплекса получают развитие горнодобывающая и горнохимическая промышленность на основе месторождений фосфоритов и асбеста, электрометаллургия, вагоностроение, электротехническая, лесная и деревообрабатывающая промышленность. На территории Минусинской котловины предполагается создать зону интенсивного сельскохозяйственного производства.

В Саяногорске будет построен Саянский алюминиевый завод, оснащенный мощнейшими электролизерами. Одним из важных преимуществ этого завода является производство алюминиевого проката. Вблизи Минусинска будут расположены крупные электротехнические заводы, которые обеспечат выпуск турбо- и гидрогенераторов большой мощности, крупных трансформаторов и электродвигателей, высоковольтной аппаратуры, изоляционных материалов.

В составе территориально-производственного комплекса строится Абаканский вагоностроительный завод с ежегодным выпуском 40 тыс. вагонов и такого же количества контейнеров, который позволит в значительной мере реконструировать вагонный парк страны. Для разработки уникального месторождения белоснежного сибирского мрамора строится камнеобрабатывающий комбинат.

Уже в десятой пятилетке в этом промышленном районе войдут в эксплуатацию первые корпуса электролиза на Саянском алюминиевом заводе, даст продукцию первая очередь комплекса электротехнических предприятий, начнется производство большегрузных контейнеров в Абакане; в Туиме должен быть построен завод по обработке цветных металлов, в Черногорске — завод асбестотехнических изделий, в Аскизе начнется строительство

аглофабрики по обогащению железной руды для Кузнецкого металлургического комбината.

Ввод в эксплуатацию Саяно-Шушенской ГЭС создаст необходимые условия для обеспечения надежного энергоснабжения промышленных предприятий. Использование созданной промышленной базы строительства будет способствовать ускорению освоения природных богатств этого региона.

Большое значение водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС будет иметь для развития транзитного судоходства на Енисее, защиты от наводнений населенных пунктов, промышленных объектов и сельскохозяйственных угодий, расположенных ниже створа гидроузла. Велика роль водохранилища и как источника водоснабжения многих промышленных объектов и населенных пунктов. С его образованием появятся условия и для создания баз отдыха в этом крупнейшем промышленном районе.

*

* *

Оценивая в целом итоги гидротехнического строительства в Сибири, можно с удовлетворением отметить, что советская гидротехника успешно справилась с задачей возведения уникальных сооружений в суровых климатических условиях. Вместе с тем накопленный опыт сооружения гидроэлектростанций в районах Сибири показывает целесообразность применения максимально возможной унификации конструктивных решений, схем и технологии возведения сооружений, средств механизации и т. д. Это будет способствовать эффективному использованию преимуществ поточно-каскадного метода строительства, применяемого на объектах Ангаро-Енисейского бассейна, и позволит наиболее рационально использовать производственные мощности и трудовые ресурсы.

II. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

Основой хозяйственного развития большинства районов Забайкалья и Дальнего Востока является строительство БАМа и освоение прилегающих к ней территорий. XXV съезд Коммунистической партии Советского Союза подчеркнул большое народнохозяйственное значение строительства Байкало-Амурской магистрали в обеспечении рационального размещения производительных сил страны и повышении роли Восточной Сибири и Дальнего Востока в решении социально-экономических задач коммунистического строительства.

Уникальность проблемы БАМа, всю сложность ее решения достаточно четко позволяет представить тот факт, что в течение ближайших 15—20 лет необходимо вовлечь в хозяйственный оборот природные ресурсы в зоне, площадь которой превышает 1,5 млн. км². Естественно, что эту проблему можно решить только объединенными усилиями многочисленных академических и отраслевых научно-исследовательских институтов, проектных, плановых и хозяйственных организаций, коллективов промышленных предприятий многих отраслей.

В беседе со строителями БАМа товарищ Л. И. Брежнев подчеркнул: «Пройдет немного времени и в этих краях трудом человека будут созданы новые промышленные комплексы. БАМ поможет полнее использовать богатейшую кладовую недр этого района, по-новому решить вопрос развития производительных сил»¹.

Освоение природных ресурсов Дальнего Востока наиболее целесообразно осуществлять путем строительства территориально-производственных комплексов. В настоящее время положено начало формированию первого в зоне БАМа Южно-Якутского ТПК, развитие которого

¹ Выступления товарища Л. И. Брежнева во время поездки в районы Сибири и Дальнего Востока. Перед строителями БАМа 4 апреля. — Коммунист, 1978, № 6, с. 20.

обусловлено наличием коксующихся углей, железных руд, апатитов, слюды, сырья для лесной промышленности. В дальнейшем здесь появятся Верхне-Ленский, Северо-Байкальский и другие территориально-производственные комплексы, специализированные на добыче и переработке цветных и черных металлов, алмазов, богатейших лесных и рыбных ресурсов этого края. Однако освоение природных ресурсов Дальнего Востока невозможно без создания надежной и эффективной энергетической базы.

Энергетика Дальневосточного экономического района в настоящее время представлена несколькими энергосистемами и энергорайонами, в структуре мощностей которых преобладают тепловые электростанции. В южной части этого обширного района на базе трех энергосистем — Амурской, Хабаровской и Приморской формируется Объединенная энергетическая система (ОЭС) Дальнего Востока. Первой и пока единственной действующей гидроэлектростанцией в ОЭС Дальнего Востока является Зейская ГЭС мощностью 1290 МВт, которая будет введена на полную мощность в 1980 г.

На территории Дальневосточного экономического района и примыкающих к нему районов Восточной Сибири построены и успешно эксплуатируются Усть-Хантайская, Мамаканская, Вилюйская гидроэлектростанции, строятся Курейская и Колымская ГЭС.

Построенные в очень суровых климатических и сложных геологических условиях, эти гидроэлектростанции надежной работой доказали свои большие преимущества перед другими типами электростанций. Отсутствие необходимости транспортировки топлива, его хранения и обработки, высокие маневренные качества оборудования, простота эксплуатации, небольшое количество обслуживающего персонала делают здесь гидроэлектростанции, по существу, незаменимыми источниками энергоснабжения в условиях крайне суровой и продолжительной зимы, огромной территориальной разобщенности отдельных промышленных районов и ограниченности трудовых ресурсов.

Дальневосточный экономический район располагает большими потенциальными возможностями для дальнейшего развития гидроэнергетики. Экономически эффективные гидроэнергоресурсы этого района оцениваются в 294 млрд. кВт·ч, что составляет 27% общесоюзного по-

Гидроэнергетические ресурсы рек Дальнего Востока, млрд. кВт·ч

Наименование	Экономически эффективный гидроэнергетический потенциал	Освоенный гидроэнергетический потенциал на 1.1.79 г.	
		на действующих ГЭС	на строящихся ГЭС
Дальневосточный экономический район	294	6,0	10,8
В том числе:			
бассейн Лены (ниже устья Витима)	200	1,0	1,2
бассейн Колымы	27	—	—
бассейн Амура	58	5,0	6,5

тенциала. При этом основная их часть сосредоточена в бассейне Лены на территории Якутской АССР.

К настоящему времени, как видно из приводимой таблицы, лишь около 6% гидроэнергетического потенциала этого региона можно считать освоенными с учетом завершения находящихся в строительстве гидроэлектростанций. Поэтому перед гидроэнергетикой здесь открываются довольно большие возможности.

Накопленный к настоящему времени опыт гидроэнергетического строительства в различных климатических зонах этого обширного края показал практическую возможность строительства здесь гидроэлектростанций. Несмотря на значительные различия в природных условиях, этот район имеет много общего: суровый климат, крайне пересеченный горный рельеф, высокая сейсмичность, почти повсеместное распространение вечной мерзлоты. Все это накладывает определенный отпечаток и на конструктивные решения, и на методы организации строительства. Особенности возведения крупных гидротехнических сооружений в условиях Дальнего Востока нашли отражение в проектах Зейской ГЭС и строящейся в настоящее время Колымской ГЭС.

КОЛЫМСКАЯ ГЭС

На восточных склонах Верхне-Колымского нагорья берет начало Колыма, образуемая слиянием рек Кулу и Аян-Юрях. Длина реки 2130 км. Планомерное изучение

возможностей строительства гидроэлектростанции на Колыме началось в 1965 г., когда был составлен доклад об энергетическом использовании рек Северо-Востока и была доказана целесообразность покрытия потребности в электроэнергии центральных районов Магаданской области путем строительства гидроэлектростанции на Колыме. Дальнейшие проработки подтвердили правильность этого вывода, и в 1971 г. был разработан технический проект первоочередной Колымской ГЭС.

Природные условия района строительства чрезвычайно сложны. Сплошная многолетняя низкотермичная мерзлота в сочетании с островной и «вялой» мерзлотой, крайне суровый климат, высокая сейсмичность, значительная отдаленность от промышленных центров и тяжелая транспортная схема значительно усложняют строительство гидроузла.

Створ гидроузла расположен в верховьях Колымы. Питание реки здесь смешанное, причем доли снегового и дождевого питания примерно одинаковы. Гидрологический режим характеризуется хорошо выраженным весенним половодьем, дождевыми паводками в летне-осенний период и длительной зимней меженью. Максимальный наблюдаемый расход воды в паводок составляет 12 000 м³/с, тогда как зимой расход воды в реке снижается до 4—5 м³/с. В некоторые годы река почти полностью промерзает. Минимальный зарегистрированный расход воды равен 0,27 м³/с.

Лето в районе строительства умеренно теплое, зима очень холодная. Она длится 7 мес. — с октября по апрель. Среднегодовая температура воздуха — 12°С. Район створа гидроэлектростанции находится недалеко от полюса холода — поселка Оймякон. Минимальная температура в этом районе достигала —62°С, а максимальная +36°С. За год здесь выпадает около 360 мм осадков. Снежный покров обычно составляет от 50 до 120 см, толщина льда в реке достигает 2,5 м.

Основные сооружения Колымской ГЭС располагаются в пределах гранитного массива, который прорезается Колымой на длине 15 км. Долина реки здесь имеет асимметричное строение: левый берег реки крутой, правый — более пологий.

Район строительства расположен в области сплошного распространения вечной мерзлоты. Мощность мерзлоты в береговых склонах неодинакова, наибольшее значе-

ние она имеет на левом берегу, где составляет 280—300 м. На правобережном склоне мерзлые породы имеют меньшую мощность: от 20—30 до 150 м, постепенно увеличиваясь в глубь берега. Ниже зоны мерзлых пород находится горизонт напорных вод, пьезометрический уровень которых устанавливается на отметках, близких к уровню воды в реке. Талые породы наблюдаются только в русле реки, где они образуют сквозной талик.

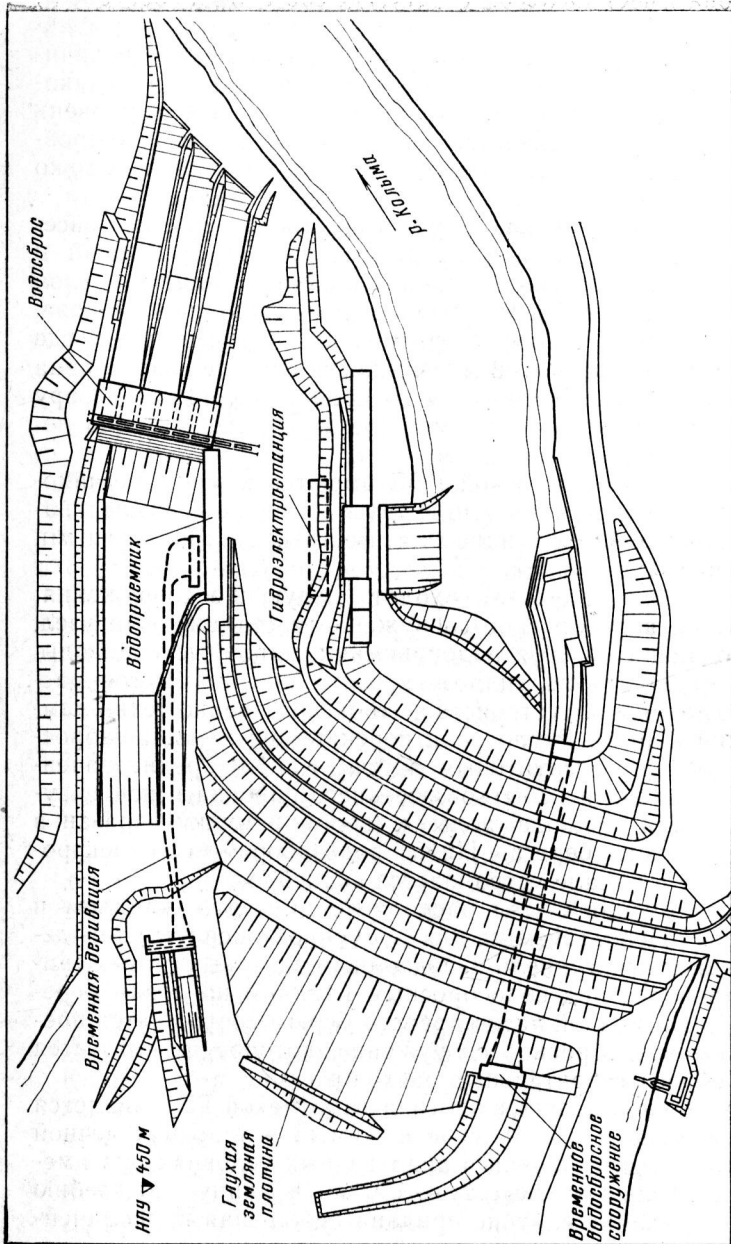
Граниты, слагающие участок створа, почти повсеместно находятся под покровом рыхлых отложений и лишь местами выходят на поверхность. Мощность слоя рыхлых отложений на разных участках неодинакова. Наименьшие мощности приурочены к руслу реки, где они составляют 0,5—2 м. Мощность слоя делювия равна 3—5 м на левом и 20—30 м на правом берегах по створу плотины. Ниже плотины мощность рыхлых пород на левом берегу достигает 40 м.

В районе Колымской ГЭС имеются камень, песчано-гравийные и суглинистые грунты, их запасы обеспечивают строительство гидроузла местными строительными материалами.

В состав гидроузла входят следующие сооружения: плотина, водосбросное сооружение и станционный узел, включающий в себя водоприемник, напорные водоводы, подземное здание гидроэлектростанции, закрытое распределительное устройство, производственно-технологический корпус. Русло реки перекрывает каменнонабросная плотина с грунтовым ядром. Канал, предназначенный для сброса избытков весеннего паводка и используемый для подвода воды к водоприемнику, врезан в склон левого берега. Ниже водозабора гидроэлектростанции в канале устраивается водосброс.

Станционный узел располагается между каналом и руслом. Используемый для временной эксплуатации деривационный туннель с подземным щитовым помещением проходит под водосбросным каналом на левом берегу. На пойменной части правого берега сооружается временное водосбросное сооружение, которое используется для сброса строительных расходов.

Каменно-земляная плотина Колымской ГЭС является крупнейшей в СССР из возводимых в условиях вечной мерзлоты. Для плотин в аналогичных условиях она имеет наибольшую высоту—130 м и длину по гребню 760 м. В плане плотине придана небольшая криволиней-



Колымская ГЭС. Схематический план гидроузла.

ность с целью предотвращения образования трещин в ядре при деформациях низового клина. Общий объем плотины 14 млн. м³.

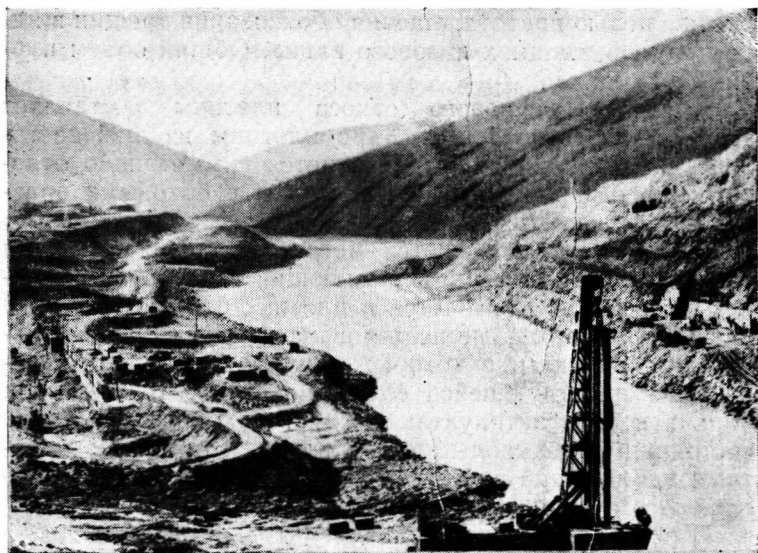
Крутизна верхового откоса плотины составляет 1:1,95 и низового 1:1,90. Ядро плотины из щебенисто-дресвяных суглинков, располагается симметрично относительно оси плотины. Между ядром и боковыми призмами устраиваются переходные зоны песчано-гравийного грунта. Ядро укладывается методом послойной укатки талого грунта. Камень, поступающий в основном из полезных выемок, отсыпается в плотину без сортировки и укатки. Лабораторные исследования термического режима ядра плотины, в которых учитывалось тепло, переносимое фильтрующейся водой, показали, что суглинок ядра в период эксплуатации будет находиться в талом состоянии (эти выводы подтверждаются также результатами наблюдений за температурой экрана плотины Вилюйского гидроузла).

В основании плотины предусматривается цементационная завеса. Цементационную завесу в бортах за пределами талика намечается выполнить после предварительного оттаивания. Способ цементации мерзлых пород, использованный при строительстве Вилюйской ГЭС, где скала цементировалась по мере оттаивания после наполнения водохранилища, в условиях Колымской ГЭС не мог быть применен из-за очень больших коэффициентов фильтрации в основании плотины, достигающих 120 м/сут.

Цементационная завеса и, соответственно, цементационная галерея продолжают за плотинной вдоль линии напорного фронта на левом берегу под водоприемником и водосбросом и на правом берегу, пересекая временное водосбросное сооружение.

Водосбросной канал состоит из трех частей: подводящего канала, водосброса и быстротока с трамплином. Длина канала 1060 м с общим объемом выемки около 9,2 млн. м³ грунта. Ширина канала переменна. Так, на подводящем участке ширина изменяется от 95 до 130 м, а в пределах быстротока уменьшается от 127,0 до 50 м.

Водосброс, рассчитанный на пропуск расхода воды, равного 17 500 м³/с, имеет 6 водосбросных отверстий шириной по 17,0 м, перекрываемых сегментными затворами. Гашение энергии потока и сопряжение с нижним бьефом осуществляются рассеивающим трамплином, обеспечива-



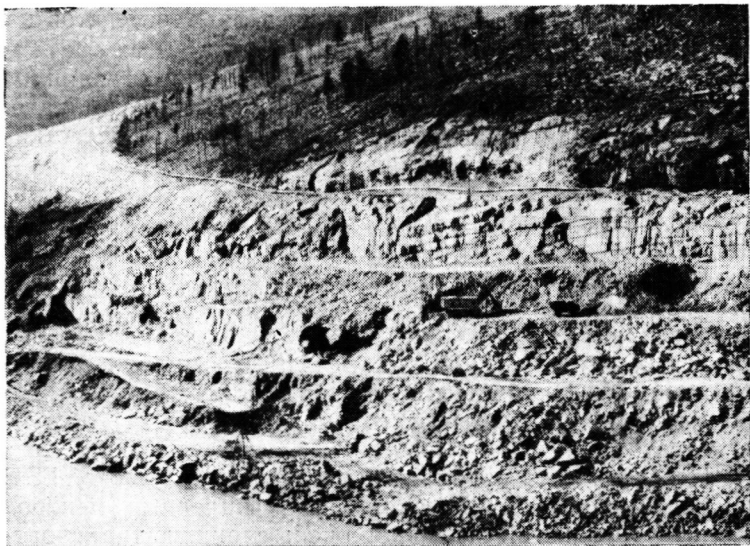
Строительство Колымской ГЭС. Вид с нижнего бьефа.

ющим дальность отлета струи на расстояние 150 м.

Водоприемник глубинного типа врезан в левый борт водосбросного канала перед водосбросом. Входные отверстия его переходят в напорные подводящие туннели. Отверстия оборудованы сороудерживающими решетками и аварийно-ремонтными затворами с гидроподъемниками. В пазах решеток может быть установлено ремонтное ограждение.

Напорные водоводы диаметром 6 м на вертикальных участках имеют железобетонную облицовку, на переходных и горизонтальных участках — металлическую облицовку. Здание гидроэлектростанции подземного типа. В машинном зале устанавливаются агрегаты с диагональными гидротурбинами и гидрогенераторами зонтичного типа с опорой на крышке турбины.

Размеры поперечного сечения подземной выемки под машинный зал составляют $22 \times 43,5$ м. Длина зала вместе с монтажной площадкой 130 м. Машинный зал соединяется с пристанционной площадкой транспортным туннелем. Для оперативной связи предусматриваются два лифта, имеющих выход в производственно-технологиче-



Август 1978 г.

ский корпус. Шинопроводы от генераторов к закрытому распределительному устройству проходят в наклонных туннелях. Вокруг здания гидроэлектростанции в скальном массиве предусматривается дренажная система.

Временные водозаборные сооружения предназначены для подвода воды к первым агрегатам гидроэлектростанции, которые в период временной эксплуатации станции будут работать на пониженном напоре. В состав этих сооружений входят: короткий подводящий канал; временный водоприемник, порог которого находится на 58 м ниже порога постоянного водозабора; напорный туннель диаметром 10 и длиной 360 м, разветвляющийся на турбинные водоотводы после подземного щитового помещения. Временный водоприемник оборудован только сороудерживающими решетками. В щитовом помещении на каждом водоводе установлены плоские аварийно-ремонтный и ремонтный затворы размером 5×6 м на напор соответственно 104 и 124,6 м. Они оборудованы гидроприводами грузоподъемностью 260 т.

Временное водосбросное сооружение, рассчитанное на расход $10\,700 \text{ м}^3/\text{с}$, предназначено для работы в пе-

риод строительства и эксплуатации первых агрегатов на пониженных отметках. В нижнем бьефе траншея временного водосброса соединяется с руслом реки отводящим каналом, имеющим криволинейное очертание в плане. Для гашения энергии потока в пределах отводящего канала размещается водобойный колодец.

Общий объем земельно-скальных работ при строительстве Колымской ГЭС составляет около 42 млн. м³, бетонных — несколько больше 1 млн. м³. Максимальная годовая интенсивность земельно-скальных работ в пиковый год составит почти 6,5 млн. м³ при месячной интенсивности выемки рыхлых грунтов около 100 тыс. м³, скальных грунтов — 280 тыс. м³ и отсыпки насыпи — 420 тыс. м³. Наибольшая интенсивность бетонных работ составит 220 тыс. м³/год и примерно 25 тыс. м³ в месяц.

Неосвоенность района строительства Колымской ГЭС и удаленность от основных промышленных центров Дальнего Востока обусловили очень сложную транспортную схему строительства.

Доставка оборудования и конструкций для строительства осуществляется по железной дороге до портов Находка, Владивосток и Ванино, откуда морским транспортом они доставляются в порт Нагаево, расположенный близ г. Магадана. Дальность морских перевозок составляет почти 3 тыс. км. Из порта Нагаево перевозки производятся автомобильным транспортом по Колымской трассе и далее — по специально построенной автодороге к строительной площадке гидроэлектростанции.

Порт Нагаево открыт для навигации круглогодично — в зимнее время проводка судов осуществляется с помощью ледоколов. Однако в летнее время значительная часть судов этого бассейна переключается на перевозку грузов в районы, недоступные зимой (Чукотку и т. п.), поэтому доставка грузов в порт Нагаево крайне неравномерна по сезонам. В связи с этим у пос. Уптар на Колымской трассе создана перевалочная база Колымагэсстрой.

Всего на строительство должно быть доставлено 2400 тыс. т грузов, из них 900 тыс. т — из центральных районов страны. С учетом значительного объема и дальности внешних автомобильных перевозок осуществление их предусматривается автопоездами грузоподъемностью по 14—16 т.

Основные объекты строительного хозяйства и посёлок располагаются на строительной площадке в 5 км от створа. Здесь кроме бетонного, транспортного и других хозяйств размещаются цеха по производству сборного железобетона, керамзитобетонных стеновых блоков и минеральной ваты. Для связи между берегами в этом же районе построен мост через Колыму.

Производственные предприятия и складские хозяйства выполнены преимущественно из унифицированных сборных конструкций с широкой блокировкой производственных, складских и служебно-бытовых помещений. Электроснабжение основной строительной площадки и района основных работ осуществляется от подстанции 110/35/6 кВ, которая получает питание из Магаданской энергосистемы.

Количество работающих на строительстве гидроузла составит в пиковый год 7 тыс. чел. (включая работающих на перевалочной базе в Уптаре). Первоочередной жилой фонд на основной строительной площадке возведен из инвентарных сборных алюминиевых и деревянных брусчатых домов. Основная часть строительного поселка и поселка для эксплуатационников застраивается пятиэтажными жилыми домами из керамзитобетонных блоков.

Строительство Колымского гидроузла началось в 1970 г. с сооружения перевалочной базы в пос. Уптар. Одновременно с этим велось строительство основной подъездной дороги до створа гидроэлектростанции общей протяженностью 50 км. С 1973 г. приступили к сооружению строительной базы, а через год начались работы по основным сооружениям гидроузла.

Строительство Колымской ГЭС — Всесоюзная комсомольская стройка.

На первом этапе строительства предусматривалось сооружение объектов, обеспечивающих ввод первых агрегатов на пониженном напоре, создаваемом недостроенной частью плотины высотой 60 м. С этой целью на правом берегу в траншее был возведен временный водосброс, предназначенный для пропуска строительных расходов. Его же предполагалось использовать в качестве водосбросного сооружения при временной эксплуатации гидроэлектростанции. Земляные работы по временному водосбросу выполнялись в основном насухо. Часть скальных выемок, производимых ниже уровня воды, а также

бетонные работы по временному водосбросному сооружению осуществлялись за перемычками, рассчитанными на пропуск весенне-летнего паводка с максимальным расходом воды 9650 м³/с. Одновременно с возведением временного водосброса производились работы по подземному комплексу станционного узла, расположенного на левом берегу.

На втором этапе строительства, обеспечивающем выход гидроэлектростанции на полную мощность, будет завершено возведение земляной плотины, постоянного водоприемника гидроэлектростанции и левобережного водосброса.

С сооружением Колымского гидроузла будет создано водохранилище каньонного типа протяженностью 146 км, шириной 1—6 км и максимальной глубиной у плотины 110 м. Площадь зеркала водохранилища 441 км². Полный объем его составит 14,6 км³, полезный — 6,5 км³.

В зоне водохранилища нет крупных населенных пунктов, транспортных и промышленных объектов. Отсутствуют ареалы обитания ценных пород рыб: они находятся в среднем и нижнем течении реки. Из общей площади затопления в 40 тыс. га 83% приходится на малоценные лесные угодья, около 4% на сельскохозяйственные угодья, в основном сенокосы. При подготовке водохранилища из зоны затопления будет вынесено 6 населенных пунктов. Переселяемое население будет размещено в двух новых благоустроенных поселках.

Расчеты показали, что широкому развитию термоабразии будет препятствовать геологическое строение прибрежной зоны водохранилища. Деформация прибрежной полосы захватит зону, не превышающую 250—400 м. Акватория водохранилища, расположенного на основном пути миграции птиц крайнего северо-востока, по-видимому, станет местом отдыха и гнездования птиц. Здесь же найдут благоприятные условия обитания многие виды животных, жизнь которых связана с водой. Выравнивание внутригодового распределения стока Колымы благоприятно скажется на санитарном состоянии реки ниже водохранилища.

Магаданскими областными организациями и Институтом биологических проблем Севера АН СССР запланировано создание в прилегающем к Колымской ГЭС районе комплексного государственного заповедника. Создание заповедника повысит рекреационную ценность

участка нижнего бьефа Колымской ГЭС и создаст благоприятные условия сохранения природного комплекса района.

Водохранилище Колымской ГЭС будет осуществлять многолетнее регулирование стока в интересах энергетики и водного транспорта. В современных условиях Колыма используется для судоходства на участке от пос. Усть-Среднекана, расположенного ниже гидроузла до устья реки. Для поддержания нормируемых глубин необходимо обеспечить соответствующий сток реки на лимитирующем участке от Усть-Среднекана до Ороека, так как ниже по течению имеющиеся глубины достаточны для плавания.

Режимом работы водохранилища предусматривается организация специальных попусков в навигационный период, что позволит коренным образом улучшить транспортное использование реки.

Роль Колымской ГЭС для развития края чрезвычайно велика. Район ее влияния охватывает южную часть Магаданской области общей площадью около 500 тыс. км² с наибольшей численностью населения. Ведущей отраслью экономики этого района является горнодобывающая промышленность. Минерально-сырьевая база района представлена месторождениями олова, вольфрама, золота, редкоземельных элементов, бурого и каменного угля. Даже при современной, далеко не полной изученности сырьевые запасы района весьма перспективны для их вовлечения в хозяйственное использование при достаточно длительной эксплуатации месторождений.

Ввод Колымской ГЭС позволит вовлечь в эксплуатацию новые месторождения, ранее считавшиеся недостаточно эффективными из-за высокой стоимости и недостатка электроэнергии, позволит резко повысить уровень технической оснащенности и энерговооруженности горнодобывающих предприятий и тем самым приведет к снижению себестоимости продукции, существенному росту производительности труда и увеличению объемов производства.

Крупным потребителем электроэнергии станет в перспективе коммунальное хозяйство. Для создания комфортных условий жизни в весьма суровых природных условиях этого края необходим высокий уровень электрификации быта и коммунального хозяйства.

Электрификация района с вводом Колымской ГЭС создаст возможность для дальнейшего развития машиностроения и металлообработки, горнодобывающей промышленности, позволит улучшить бытовые условия населения, что будет способствовать закреплению кадров в этом суровом по природно-климатическим условиям, но важном для народного хозяйства страны регионе.

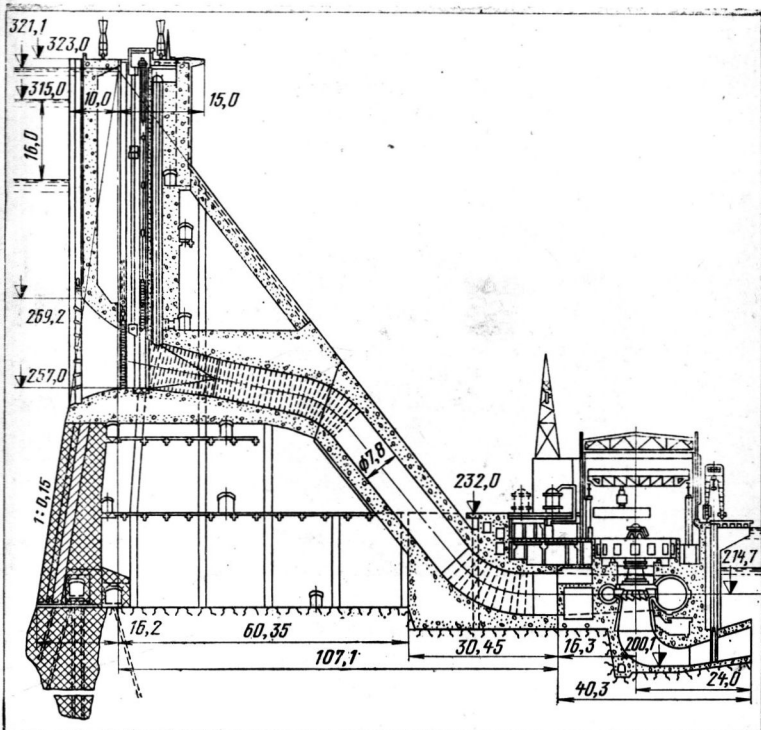
ЗЕЙСКАЯ ГЭС

Зейский гидроузел расположен в Амурской области, в среднем течении крупнейшего притока Амура — реки Зей. При его строительстве были изучены и учтены многие факторы, влияющие на экономическую эффективность работы гидроэлектростанции. Прежде всего внимание было обращено на то, что сток реки в течение года крайне неравномерен. Он характеризуется незначительным весенним половодьем, высокими и частыми дождевыми паводками в летний период и устойчивой зимней меженью. Ежегодно в летнее время на Зее наблюдается 6—8 крупных паводков, вызывающих сильные наводнения по всему течению реки и на среднем Амуре.

Внутригодовая неравномерность стока характеризуется следующими данными: при среднегодовом расходе воды в створе Зейской ГЭС $771 \text{ м}^3/\text{с}$ максимальный наблюденный расход воды в июле составил $16\,000 \text{ м}^3/\text{с}$, а минимальный в марте — $2 \text{ м}^3/\text{с}$. Расчетный максимальный расход воды повторяемостью 1 раз в $10\,000$ лет составил $28\,900 \text{ м}^3/\text{с}$.

Бассейн Зей находится в поясе умеренного муссонного климата. Среднегодовая температура в районе строительства $-4,1^\circ\text{C}$. Среднемесячная температура наиболее теплого месяца (июль) $+18,6^\circ\text{C}$, наиболее холодного (январь) $-30,1^\circ\text{C}$. Абсолютный максимум $+35^\circ\text{C}$, абсолютный минимум -52°C . Переход средней суточной температуры через 0°C происходит около 20 апреля и 8 октября.

Весьма сложны и геологические условия. Основанием сооружений гидроузла служит интрузивный массив диоритов, сильно измененный вторичными процессами, связанными главным образом с тектоническими нарушениями. Пойменные аллювиальные отложения мощностью около 7 м представлены супесями и мелкими

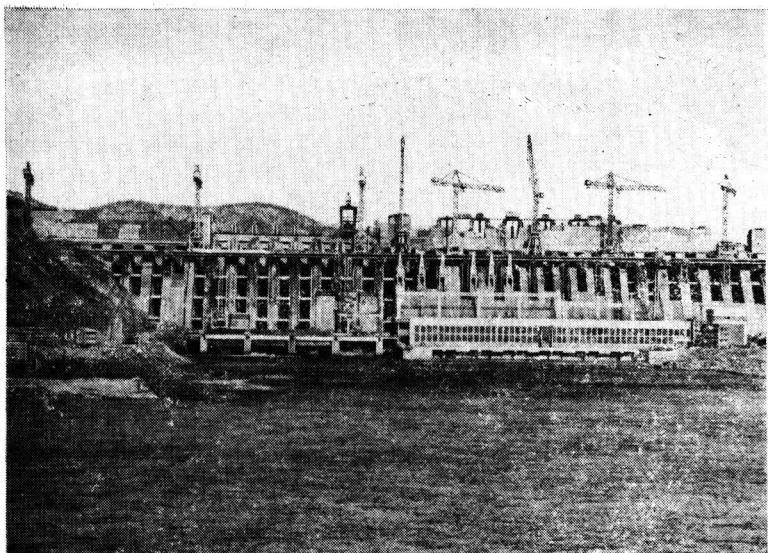


Зейская ГЭС. Поперечный разрез по станционному узлу.

песками. Аллювиально-делювиальные отложения склонов представляют глыбы, обломки горных пород и щебень с супесчаным заполнением, толщина слоя которых достигает 2—4 м. Местами мощность отложений увеличивается до 7—12 м. Сейсмичность района строительства оценивается в 7 баллов.

Створ плотины находится в ущелье, ширина которого по урезу воды составляет 350 м. В состав основных сооружений гидроузла входят: бетонная плотина, приплотинное здание гидроэлектростанции, открытые распределительные устройства на 220 и 500 кВ, мост через реку Зею и перевалочный порт.

Плотина массивно-контрфорсного типа имеет максимальную высоту 115 м, длину по гребню 710 м. Она разделяется на водосливную, станционную и глухие правобе-



Зейская ГЭС. Вид с нижнего бьефа.

режную и левобережную части. Водосливная часть расположена со стороны правого берега и имеет 8 водосливных пролетов по 12 м, оборудованных плоскими затворами высотой 10 м. Расстояние между температурными швами 15 м.

В плане каждая секция плотины имеет Т-образную форму: массивный оголовок со стороны напорной грани и контрфорс толщиной 7 м. По низовой грани контрфорсы перекрыты плитами толщиной 3 м, образующими водосливную поверхность. Сопряжение с нижним бьефом решено посредством высокого носка-трамплина. Для рассредоточения энергии падающей воды носок запроектирован в два яруса — в каждом из двух смежных пролетах носок имеет разную высоту и разные кривые сопряжения. Такая конструкция носка существенно уменьшает размыв дна и улучшает гидравлический режим потока, что увеличивает надежность плотины и сокращает объем мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений в нижнем бьефе.

Станционная часть плотины состоит из шести секций длиной по 24 м. Секция имеет два контрфорса толщиной

по 5 м с общим массивным оголовком с напорной стороны. Между контрфорсами проходят напорные трубопроводы гидроэлектростанции. Особенностью конструкции станционной плотины является наличие наклонного скользящего шва, отделяющего напорные трубопроводы от основного массива плотины. Благодаря этому создается возможность вести бетонные работы независимо от графика монтажа трубопроводов и, кроме того, уменьшается потребность в бетоне по сравнению с выносными трубопроводами. Такое решение, а также исключение анкерного массива между плотиной и зданием гидроэлектростанции позволили сократить срок ввода первых агрегатов Зейской ГЭС на один год.

Очень важным и эффективным было применение сборной железобетонной опалубки с утеплителем из пенополистирола, впервые примененной при возведении контрфорсов в гидротехническом строительстве.

Надо сказать, что массивно-контрфорсная плотина такого типа и таких параметров в условиях столь сурового климата возводится впервые в мировой практике. В ходе ее строительства выявились существенные преимущества принятого варианта перед обычными массивными плотинами. В частности, на 15% потребовалось меньше бетона. Омоноличивание швов между вертикальными столбами бетонирования в условиях замороженного бетона обеспечило монолитность тела плотины при эксплуатационном температурном режиме. Создание в полостях между контрфорсами постоянного температурного режима обеспечило более благоприятное напряженное состояние плотины при значительных колебаниях температур наружного воздуха и меньший расход металлических труб для искусственного охлаждения бетона.

Указанные особенности контрфорсной плотины позволяют считать этот тип плотины наиболее соответствующим условиям сурового климата. Вместе с тем такая конструкция плотины требует, естественно, увеличенных трудозатрат за счет большей поверхности опалубки и мелких блоков бетонирования. В данном случае трудозатраты и расход строительных материалов увеличились также вследствие ряда инженерно-геологических особенностей района стройки.

Значительная трещиноватость диоритов, наличие нескольких тектонических зон непосредственно под подошвой плотины и выявленные участки с повышенным водо-

поглощением потребовали особого внимания к сопряжению плотины с основанием. В качестве основной противофильтрационной меры предусмотрено устройство по оси плотины глубокой цементационной завесы глубиной 40—75 м.

Эффективные технические решения применены и при сооружении станционного узла. Здание гидроэлектростанции расположено на левом берегу и состоит из шести блоков по 24 м. Каждый блок оборудуется турбиной диагонального типа мощностью 215 МВт. Установленная мощность Зейской ГЭС 1290 МВт. Эти турбины имеют более высокий к. п. д. в условиях изменяющегося напора и требуют меньшего пускового напора по сравнению с радиально-осевыми. Для радиально-осевых турбин минимальный пусковой напор составляет 60 м, а для диагональных турбин — до 40 м. Применение радиально-осевых турбин на Зейской ГЭС потребовало бы установки временных колес на период пуска первых агрегатов с последующей их заменой или отнесения срока пуска на один год. Диагональные турбины серийного изготовления применены впервые в СССР, а такой большой мощности — впервые в мире.

Открытые распределительные устройства на 220 и 500 кВ размещены на левом берегу и связаны с корпусом управления и центральным пультом подземным кабельным туннелем. Внешние подъездные пути подходят к гидроузлу по правому берегу. Для перехода к станционному узлу на левый берег служит отдельно стоящий мост в 1,5 км ниже плотины.

В составе гидроузла судопропускных сооружений нет. В первоначальном проекте предусматривалось сохранить сквозное судоходство, для чего намечалось построить наклонный продольный судоподъемник для проводки судов из верхнего бьефа в нижний и обратно. Впоследствии решение это было пересмотрено в связи со строительством Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, которая будет пересекать Зейское водохранилище и примет на себя значительную часть грузооборота этого района.

После перекрытия Зеи в 1972 г. судоходство по ней осуществляется отдельно в верхнем и нижнем бьефах гидроузла. Для перевалки грузов предусмотрен перевалочный порт, в состав которого входят специализированные причалы для сухогрузов и нефтепродуктов в верх-

нем и нижнем бьефах, пассажирские причалы, складские и обслуживающие помещения. Перевозка грузов между бьефами осуществляется автотранспортом.

Основой грузопотока по реке является лес, сплавляемый с верховьев Зеи и ее притоков. Ежегодно через створ плотины проходит до 500 тыс. м³ древесины. Для выгрузки леса в верхнем бьефе предусмотрены специальные причалы, оборудованные мощными кранами. Отсюда автотранспортом лес доставляется на специализированную базу вблизи железнодорожной станции Тыгда, где он обрабатывается и грузится в вагоны. Для сокращения потребностей в транспорте и обеспечения перевозок леса в течение всего года (сплав леса производится только в период навигации) в городе Зее предусмотрено устройство промежуточного склада.

Для нужд строителей и эксплуатационников гидроэлектростанции возведены два поселка: один временного типа и один постоянный — из панельных пятиэтажных домов с жилой площадью 70 тыс. м². Жители этих поселков полностью обеспечены надлежащими культурно-бытовым и медицинским обслуживанием.

Зейская ГЭС — Всесоюзная ударная комсомольская стройка. Строительство началось в 1964 г. К работе по котловану основных сооружений приступили в 1969 г. Возведение сооружений велось в две очереди. В котловане первой очереди (со стороны правого берега) к моменту перекрытия русла в октябре 1972 г. было уложено 260 тыс. м³ бетона и была подготовлена гребенка для пропуска строительных расходов — два больших отверстия по 23 м и одно отверстие 8 м, разделенные контрфорсами. К весне 1973 г. гребенка состояла из четырех больших отверстий и двух малых. В зиму 1973/74 г. гребенка была переделана и состояла из 10 отверстий размером 8×11 м. Они перекрывались плоскими затворами для временного задержания льда в верхнем бьефе до потери им прочности (только при этом условии лед мог быть пропущен через отверстия) и для регулирования пропуска расходов при последующем бетонировании плотины. Зимой 1974/75 г. отверстия были поочередно закрыты затворами, при этом четыре из них были забетонированы, а шесть превращены в донные отверстия.

Основные объемы работ по гидротехническим сооружениям составили: бетон и железобетон около 2,5 млн. м³, земельно-скальные работы 9 млн. м³. На

пусковом комплексе гидроузла, обеспечившем пуск первых агрегатов на пониженном напоре, равном 40 м, в основные сооружения было уложено всего 1,2 млн. м³ бетона. Таким образом, Зейская ГЭС начала уже действовать при освоении менее 48% полных проектных объемов работ и сметной стоимости, что является наилучшим в стране показателем для гидроэлектростанций.

Бетонирование плотины и здания гидроэлектростанции велось с двух бетоновозных металлических эстакад. Укладка бетона производилась девятью порталными кранами КБГС-450, а монтажные работы — двумя башенными кранами БК-1000 и одним башенным краном БК-1425.

Максимальный годовой объем укладываемого бетона по плотине составил 380 тыс. м³. Он был достигнут в 1975 г. в год пуска первого агрегата. В этом же году (в июле) была достигнута и максимальная месячная интенсивность укладки бетона в тело плотины — 46 тыс. м³, а в целом по гидроузлу — 52 тыс. м³.

С окончанием строительства плотины образуется водохранилище, длина которого превысит 200 км при нормальном подпорном уровне. Ширина водохранилища в каньонной части небольшая и колеблется в пределах 0,5—2,0 км, в озерной части оно разольется на 20—24 км. Максимальная глубина — 93 м. Площадь зеркала водохранилища составляет 2,4 тыс. км². Свыше 55% территории, занятой водохранилищем, было покрыто лесом и кустарниками, а свыше 40% занято заболоченными и другими неудобными для хозяйственного использования землями. Территория водохранилища малообжитая. При его создании было вынесено 13 населенных пунктов.

Наиболее крупные мероприятия при подготовке ложа Зейского водохранилища были связаны с лесосводкой и лесочисткой. Работы эти проводились с учетом реализации перспективных планов лесоразработок и развития лесной промышленности в районе водохранилища, предусматривающего размещение здесь крупного лесоперерабатывающего комплекса.

Значение Зейского гидроузла не ограничивается гидроэнергетикой. Особо велика его роль в предотвращении наводнений. В зоне влияния гидроузла от наводнений в среднем ежегодно терялось около 20% сельскохозяйственной продукции.

Зейское водохранилище благодаря значительному своему объему, почти в полтора раза превышающему средний годовой сток Зеи, позволит производить глубокое многолетнее его перераспределение. Тем самым будет уменьшена вероятность наводнений в районах, расположенных ниже створа гидроузла. На участке протяженностью около 400 км обычные часто повторяющиеся наводнения ликвидируются полностью, а вероятность больших наводнений уменьшается в 15 раз. Иными словами, они могут иметь место не чаще одного раза в 33 года. В городе Благовещенске вероятность катастрофических наводнений уменьшается в 10 раз и составит 1% (один раз в 100 лет), а вероятность больших наводнений — в 4 раза (один раз в 15 лет).

Предохранение земель от наводнений дает дополнительный народнохозяйственный эффект как за счет улучшения эксплуатации существующих сельскохозяйственных угодий, так и за счет освоения земель, подверженных ныне частым затоплениям. В целом эффект от регулирования паводков выражается следующими показателями: прирост среднегодового дохода в сельскохозяйственном производстве 9,4 млн. руб., снижение среднегодового ущерба от наводнений в других отраслях народного хозяйства 2,3 млн. руб., снижение капитальных затрат по инженерной защите городов — около 17 млн. руб.

Амурская область и Хабаровский край имеют значительный промышленный потенциал. Здесь выявлены крупные месторождения цветных и редких металлов, железной руды, ряда неметаллических полезных ископаемых и бурого угля. Богатством этих мест является лес.

С вводом в действие Зейской ГЭС открылись новые возможности организации в Амурской области и Хабаровском крае энергоемких производств и электрификации Забайкальской железной дороги. Электроэнергия Зейской ГЭС, а в средний по водности год она будет вырабатывать 4,9 млрд. кВт·ч, по ВЛ 500 и 220 кВ будет передаваться в восточном направлении в Хабаровск, в западном направлении — на Читу, и в северном направлении — на Тынду и другие центры Байкало-Амурской железнодорожной магистрали.

III. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В последнее время гидроэнергостроительство перемещается все в большей степени из обжитых районов европейской части страны в неосвоенные, труднодоступные районы Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии. На 1 января 1979 г. в СССР строилось 38 гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций суммарной проектной мощностью более 44 млн. кВт. Из них 10 гидроэлектростанций суммарной мощностью 20 млн. кВт (около 50% по мощности) сооружаются в Сибири и на Дальнем Востоке.

Приведенные цифры свидетельствуют также и о другой особенности современного этапа гидроэнергетики — средняя мощность одной гидроэлектростанции, строящейся в европейской части страны, составляет примерно 500 тыс. кВт, а средняя мощность гидроэлектростанций, сооружаемых в районах азиатской части страны, превышает 2 млн. кВт. Это результат использования благоприятных условий концентрации гидроэнергетических ресурсов на реках Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии, благодаря чему открылась возможность строить здесь отдельные гидроэлектростанции единичной мощностью до 4—6 млн. кВт.

Дальнейшему развитию гидроэнергетики в районах Сибири и Дальнего Востока способствует прежде всего наличие здесь довольно крупного не использованного еще потенциала гидроэнергетических ресурсов. Достаточно сказать, что в зоне влияния ОЭС Сибири и Дальнего Востока сосредоточено более 36% общесоюзного потенциала гидроэнергоресурсов, из которых можно считать освоенными с учетом строящихся гидроэлектростанций лишь около одной пятой части.

Целесообразность развития здесь гидроэнергетики обуславливается ростом промышленного освоения районов Сибири и Дальнего Востока. Необходимость ускоренного развития экономики восточных районов страны

и, в частности, районов Восточной Сибири и Дальнего Востока, повышение их роли в общесоюзном производстве промышленной продукции определяется генеральной линией политики КПСС в области размещения производительных сил. Эта линия основывается на глубоком анализе сложившихся на современном этапе народнохозяйственных пропорций в экономике СССР.

В настоящее время в европейской части Советского Союза производится около 80% промышленной продукции, свыше 70% продукции сельского хозяйства и проживает около 75% населения страны. Дальнейшее развитие этих районов потребует еще больших масс сырья, энергии и других природных ресурсов. Достаточно сказать, что уже сейчас европейская часть СССР потребляет около 80% вырабатываемой электроэнергии, в то время как свыше 90% энергетических ресурсов сосредоточены в восточных районах страны.

В Сибири и на Дальнем Востоке находятся две трети общесоюзных запасов угля, около 80% природного газа, большая часть нефти, свыше 75% спелой и перестойной древесины, около 70% экономичных для использования гидроэнергетических ресурсов. В Сибири и на Дальнем Востоке сосредоточены месторождения руд цветных и редких металлов, золота, асбеста, алмазов, графита, различное химическое и нерудное сырье, свыше 60% за-

Гидроэнергетические ресурсы рек Сибири и Дальнего Востока, млрд. кВт·ч

Наименование	Экономически эффективный гидроэнергетический потенциал	Освоенный на 1.1.79 г. гидроэнергетический потенциал	
		на действующих ГЭС	на строящихся ГЭС
СССР в целом	1095,0	183,3	97,8
Реки Сибири	398,0	72,5	45,6
В том числе:			
бассейн Ангары	80,1	48,4	17,8
бассейн Енисея	207,9	22,0	25,9
бассейн Оби (без Иртыша)	71,0	1,7	1,9
бассейн Лены (до устья Витима)	29,0	0,4	—
Реки Дальнего Востока	294,0	6,0	10,8

пасов торфа, половина запасов железной руды. В этих районах находится 77% водных ресурсов страны, наличие которых играет важнейшую роль в развитии производительных сил.

Объемные показатели запасов природных ресурсов являются, конечно, очень важным фактором. Однако главное, с точки зрения повышения эффективности общественного производства страны в целом, заключается в том, что технико-экономические показатели их использования значительно более благоприятны по сравнению с показателями использования аналогичных природных ресурсов в европейской части СССР. Так, в Сибири, по сравнению с европейскими районами, несмотря на удорожающее влияние местных условий строительства и большие затраты на создание необходимых жизненных условий для населения, приведенные затраты на заготовку древесины ниже на 30—40%, на производство бумаги — на 50—70%, на производство энергоемкой продукции цветной и черной металлургии и химической промышленности в 2—4 раза, на производство электроэнергии на гидростанциях в 3—4 раза, на добычу угля в 6—8 раз. Таким образом, Сибирь (и особенно Восточная Сибирь) на базе использования собственных природных ресурсов может обеспечить самое дешевое в стране производство электроэнергии, алюминия, целлюлозы, картона, бумаги, меди, никеля, многих видов продукции металлоемкого и энергоемкого машиностроения и химической промышленности.

Важным фактором является и то обстоятельство, что восточные районы, имеющие больше свободной территории, не застроенной жильем и не занятой ценными сельскохозяйственными угодьями, располагают большими возможностями для выбора наиболее экономичных вариантов размещения промышленных производств. В то же время следует учитывать, что территория Сибири и Дальнего Востока составляет около 13 млн. км², это выдвигает серьезную проблему преодоления таких огромных пространств, решение которой требует больших затрат. Следует подчеркнуть и крайне низкую обеспеченность этих районов в целом трудовыми ресурсами, затраты на привлечение которых значительно выше, чем в европейских районах.

Эти факторы и экономические предпосылки явились решающими при размещении производительных сил

в десятой пятилетке. В период 1976 — 1980 гг. восточные районы должны дать 100% прироста производства алюминия, около 80% прироста меди, 45% прироста целлюлозы. Здесь будет получен весь прирост добычи нефти, 90% прироста газа, 70% прироста угля. Сбывается предсказание М. В. Ломоносова о том, что «России могут прирастать будет Сибири». Доля восточных районов страны в производстве основных видов промышленной продукции неуклонно возрастает.

В подъеме экономики восточных районов страны большую роль играет развитие здесь гидроэнергетики. Практика строительства и эксплуатации гидроэлектростанций в районах Сибири и Дальнего Востока показала их высокую эффективность. Полноводность рек, сравнительно благоприятные геологические условия строительства и малое сельскохозяйственное значение долин в зонах образования водохранилищ обуславливают возможность строительства крупных высоконапорных гидроэлектростанций с хорошими технико-экономическими показателями. Капиталовложения на строительство гидроэлектростанций в этих условиях в среднем близки к аналогичным показателям тепловых электростанций с учетом затрат в развитие топливной базы. А на некоторых гидроэлектростанциях, например Красноярской и Братской ГЭС, эти затраты значительно ниже. Себесто-

Доля Сибири и Дальнего Востока в производстве основных видов промышленной продукции СССР *, %

Наименование	1940 г.	1950 г.	1970 г.	1975 г.
Добыча нефти	1,6	1,9	9,6	31,2
Добыча газа	—	—	5,5	13,7
Добыча угля	23,4	26,5	32,0	34,6
Производство электроэнергии	6,4	11,3	17,9	18,2
Вывозка деловой древесины	22,6	22,9	32,7	35,2
Производство целлюлозы	—	—	20,4	24,5
Производство картона	0,5	4,2	15,5	16,0
Валовой сбор зерна	9,1	12,6	11,8	15,0

* По данным статистических ежегодников «Народное хозяйство РСФСР в 1970 году», «Народное хозяйство СССР в 1975 году».

имость же производства электроэнергии на построенных и строящихся гидроэлектростанциях в 4 — 6 раз меньше, чем на лучших тепловых электростанциях Сибири, и в 2 — 3 раза дешевле, чем на гидроэлектростанциях европейской части Союза.

Необходимо учитывать и следующее обстоятельство. Гидроэлектростанции в своем составе не имеют ряда технологических звеньев, обусловленных использованием для выработки электроэнергии различных видов органических топлив. Для гидростанций не нужны шахты и карьеры для добычи угля, исключается необходимость его транспорта, последующего удаления золы и шлаков и ряда других процессов. Кроме того, гидроэлектростанция — это практически царство автоматике. Все это, вместе взятое, обеспечивает резкое, почти в 10 раз, сокращение необходимого обслуживающего персонала по сравнению с количеством эксплуатационного персонала на тепловой электростанции равной мощности. А для малонаселенных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока с суровыми климатическими условиями экономия трудозатрат является крайне важной.

Строительство гидроэлектростанций с крупными водохранилищами создает весьма благоприятные условия для более экономичного решения проблемы водоснабжения развивающейся промышленности и городов, значительно расширяет возможности водного транспорта и сплава леса, позволяет осваивать новые, не доступные ранее лесные районы. И, наконец, создаваемые в отдаленных районах Сибири и Дальнего Востока водохранилища гидроэлектростанций имеют огромное рекреационное значение. Как показывает опыт уже созданных водохранилищ, они широко используются для организации баз отдыха, туризма и любительского рыболовства.

Вместе с тем развитие энергетики Сибири наряду с использованием водной энергии базируется также на использовании имеющихся здесь крупнейших месторождений твердого топлива для выработки электроэнергии. В десятой пятилетке осуществляется первый этап создания в Сибири самой крупной топливно-энергетической базы Советского Союза — Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК).

Канско-Ачинское месторождение является уникальным явлением природы. На площади около 65 тыс. км² на относительно небольшой глубине залегает более

600 млрд. т бурого угля, из которых 140 млрд. т могут быть добыты открытым, т. е. самым дешевым, способом. Предполагается, что ежегодную добычу угля будут технически возможно обеспечить в объеме до 1 млрд. т.

На базе освоения этих угольных ресурсов будут построены крупнейшие электростанции с максимально возможной (по условиям защиты окружающей среды) единичной мощностью. Проведенные технико-экономические расчеты показали, что развитие электроэнергетики КАТЭК наиболее целесообразно осуществлять на основе строительства конденсационных электростанций единичной мощностью 6 млн. кВт и более с установкой на них энергетических блоков мощностью 800 тыс. кВт каждый.

Вместе с тем освоение этого уникального угольного бассейна требует решения ряда экономических, социальных и технических проблем. Благоприятные же предпосылки для их рационального решения создают гидроэлектростанции Ангаро-Енисейского каскада.

Таким образом, природная возобновляемость энергетического ресурса, высокая производительность труда на гидроэлектростанциях, возможность регулирования неравномерного стока рек водохранилищами гидроэлектростанций для водообеспечения развивающихся отраслей народного хозяйства и создание крупной социальной и производственной инфраструктуры делают гидроэнергетику необходимым элементом перспективного развития экономики Сибири и Дальнего Востока. Обширность территории и установленная экономическими расчетами очередность промышленного развития отдельных районов обуславливают и очередность освоения гидроэнергетических ресурсов. С этих позиций наибольший интерес представляют реки Ангаро-Енисейского бассейна, бассейнов Лены, Колымы, Зеи и Буреи. Перспективность этих бассейнов определяется строительством Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и промышленным развитием прилегающих к ней районов.

АНГАРО-ЕНИСЕЙСКИЙ БАССЕЙН

Среди объектов гидроэнергетического использования реки Восточной Сибири — Ангара и Енисей занимают особое место. По величине гидроэнергетических ресурсов реки Енисей и Лена являются самыми крупными в стране, а Ангара занимает третье место среди источников

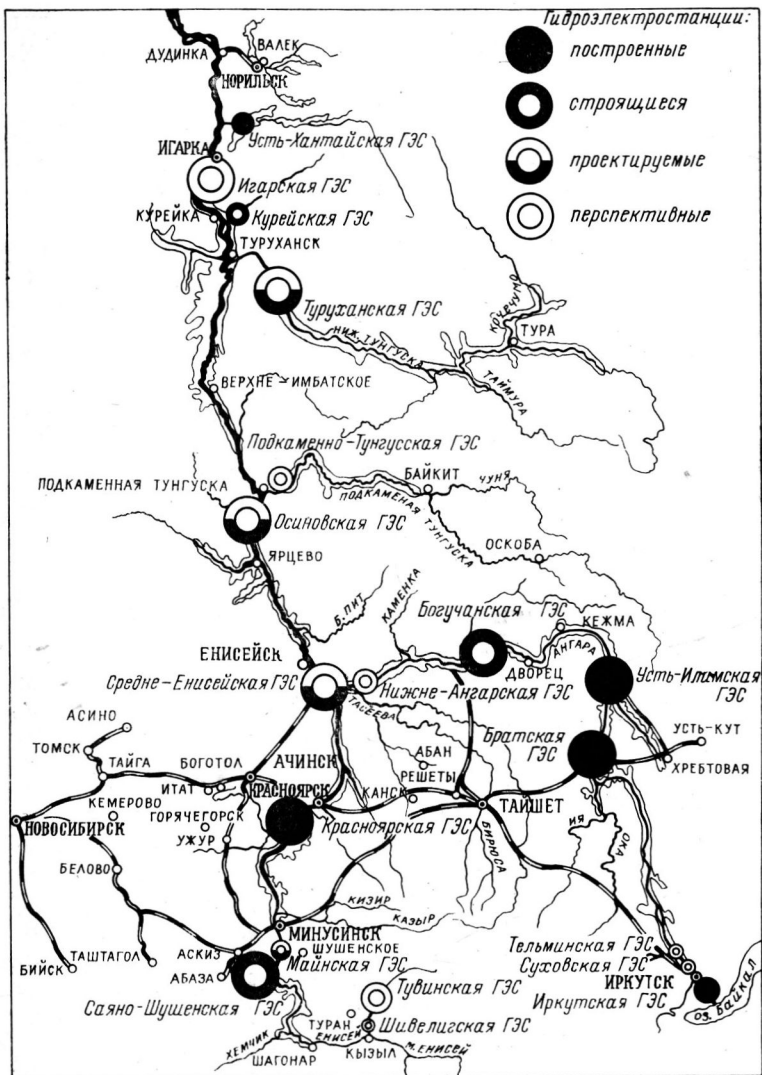


Схема размещения гидроэлектростанций Ангаро-Енисейского бассейна.

водной энергии Советского Союза. Запасы водной энергии только Ангары превышают запасы Волги, Камы, Днепра и Дона, взятых вместе.

Потенциальные гидроэнергоресурсы 461 учтенной реки бассейна Енисея исчисляются в 588 млрд. кВт·ч. Из этой величины экономически эффективными на сегодня признаны около 290 млрд. кВт·ч, или примерно половина всего потенциала. Напомним, что экономический потенциал всех рек СССР составляет около 1095 млрд. кВт·ч. Таким образом, в Ангаре и Енисее сосредоточено около 1/4 запасов гидроэнергии всех рек Советского Союза.

Чтобы представить себе грандиозность и масштаб экономически целесообразных гидроресурсов этих двух рек Восточной Сибири, приведем еще несколько цифр: их гидроресурсы на 24% превышают экономически целесообразные к использованию гидроэнергетические ресурсы Канады, которые в настоящее время оцениваются приблизительно в 218 млрд. кВт·ч, и достигают почти половины величины экономического потенциала всех гидроэнергетических ресурсов США, исчисляющегося в 648 млрд. кВт·ч.

Река Енисей — крупнейшая по водности в СССР. Среднегодовой сток достигает 550 км³, длина реки от слияния Большого и Малого Енисея до впадения в Енисейский залив Карского моря — около 3,8 тыс. км. Общее падение реки от истока до устья составляет около 1620 м. Водосборная площадь бассейна Енисея — 2,5 млн. км².

Близость уникальных гидроэнергетических ресурсов Енисея к различным запасам минерального сырья, древесины давно привлекала внимание энергетиков. Изучение их началось в первые годы двадцатого столетия. Систематические наблюдения за водным режимом реки ведутся с 1902 г.

Широкое практическое изучение энергетических ресурсов Енисея и его крупнейшего притока Ангары развернулось в 30-е годы, когда была составлена схема комплексного использования среднего течения реки Енисей от пос. Означенного до г. Красноярска, в которой уже тогда обосновывалась целесообразность строительства мощной Красноярской ГЭС. К настоящему времени разработаны схемы энергетического использования Енисея на всем протяжении и его притоков — рек Ангары, Хан-

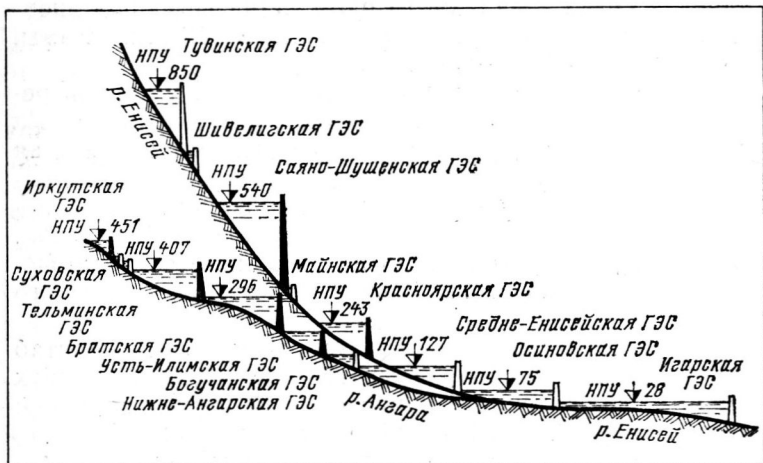


Схема гидроэнергетического использования рек Ангары и Енисея.

тайки и Курейки, а также составлены обзорные записки по Нижней и Подкаменной Тунгускам, Большому и Малому Енисею. В результате всех этих работ в бассейне Енисея была выявлена техническая возможность сооружения 80 гидроэлектростанций, из них 13 — мощностью более 1000 МВт. При этом есть все основания полагать, что последующими изысканиями на притоках этой реки будут выявлены новые возможности строительства достаточно эффективных гидроэлектростанций, хотя и не столь большой мощности.

На Большом Енисее выявлена возможность сооружения пяти гидроэлектростанций — Хамсаринской, Сейбинской, Уюкской, Шивелигской и Большой Кызыльской суммарной установленной мощностью 2400 МВт с выработкой электроэнергии 10,2 млрд. кВт·ч. Из этих гидроэлектростанций Сейбинская, Уюкская и Шивелигская по своим технико-экономическим показателям представляют наибольший интерес. Строительство Хамсаринской и Большой Кызыльской ГЭС возможно станет целесообразным в сравнительно отдаленный период в виду труднодоступности первой и затопления довольно больших площадей водохранилищем второй гидроэлектростанции.

По Сейбинской и Уюкской ГЭС разрабатываются предложения, предусматривающие использование реки

на участке этих гидроэлектростанций в одной ступени — Тувинской ГЭС, располагаемой в Уюкском створе. Имеющиеся предварительные материалы показывают, что такое решение может быть более эффективным в связи с труднодоступностью Сейбинского створа. Шивелигская ГЭС должна стать контррегулятором Тувинской ГЭС, выравнивающим суточную неравномерность расходов воды в ее нижнем бьефе. Это позволит использовать мощность Тувинской ГЭС наиболее эффективно, не вызывая нежелательных колебаний уровня воды на участке реки ниже гидроэлектростанции.

На Малом Енисее рассматривалась возможность сооружения семи гидроэлектростанций суммарной установленной мощностью 1680 МВт с выработкой электроэнергии 8,4 млрд. кВт·ч. Однако все эти гидроэлектростанции не имеют водохранилищ достаточно большой емкости для осуществления хотя бы сезонного регулирования. Поэтому в настоящее время эта схема энергетического использования Малого Енисея пересматривается с целью изыскания возможностей размещения здесь большой регулирующей емкости. При положительных результатах этих проработок на Малом Енисее может оказаться целесообразным сооружение Шуйской и Буренской ГЭС с использованием последней в качестве контррегулятора.

На р. Кизире, притоке Енисея второго порядка, благоприятные технико-экономические показатели имеет Артемовская ГЭС мощностью 350 МВт с выработкой энергии 1630 млн. кВт·ч.

Таким образом, в бассейне Верхнего Енисея возможно сооружение Тувинской и Шивелигской ГЭС с суммарной выработкой электроэнергии 7,8 млрд. кВт·ч, Шуйской и Буренской ГЭС с выработкой энергии 5,3 млрд. кВт·ч и Артемовской ГЭС с выработкой энергии 1,6 млрд. кВт·ч. Общая годовая выработка электроэнергии этими гидроэлектростанциями составит около 15 млрд. кВт·ч.

На самом Енисее, ниже слияния Большого и Малого Енисея до г. Красноярска, схемой предусматривалось сооружение восьми гидроэлектростанций общей мощностью 14 — 15 млн. кВт с выработкой электроэнергии 55 млрд. кВт·ч. Из этих гидроэлектростанций одна — Красноярская — уже построена, а вторая — Саяно-Шушенская — находится в стадии строительства.

С завершением строительства Саяно-Шушенской ГЭС будет использовано 85% гидроэнергетического потенциала этого участка реки по мощности и 80% — по энергии. Из оставшихся шести гидроэлектростанций на этом участке наиболее реальным объектом является лишь Майнская ГЭС мощностью 340 тыс. кВт с выработкой электроэнергии 1,7 млрд. кВт·ч, расположенная непосредственно ниже Саяно-Шушенской ГЭС. Водоохранилище этой гидроэлектростанции будет выравнивать суточную неравномерность стока реки в результате работы Саяно-Шушенской ГЭС.

На участке Енисея от Красноярска до устья Ангары предполагается сооружение Средне-Енисейской ГЭС. Изучение возможностей ее строительства имеет многолетнюю историю, что обусловлено сложностью решения ряда вопросов, связанных с существованием в долине Ангары крупнейшего в стране Горевского свинцово-цинкового месторождения.

При рассмотрении возможности строительства Средне-Енисейской ГЭС предусматривается комплексное решение проблем энергетики и защиты разрабатываемого Горевского месторождения от грунтовых вод. Это обстоятельство требует многовариантного рассмотрения схемы энергетического использования участка Енисея в районе впадения Ангары. С учетом всего этого предполагается этот участок Енисея использовать путем строительства одной или двух гидроэлектростанций суммарной мощностью 5—7 млн. кВт с выработкой 30—35 млрд. кВт·ч электроэнергии.

На нижнем участке Енисея от впадения Ангары до устья рассматривалось сооружение двух гидроэлектростанций — Осиновской и Игарской. Последние исследования районов строительства этих гидроэлектростанций показывают, что вследствие значительных затоплений площадей может оказаться целесообразным снижение подпорных уровней их водоохранилищ и даже разбивка участка реки на более мелкие ступени. Однако во всех вариантах использования этого участка реки представляется возможным сооружение здесь гидроэлектростанций общей суммарной мощностью 10—12 млн. кВт с выработкой электроэнергии 55—57 млрд. кВт·ч.

На Ангаре была выявлена возможность сооружения шести гидроэлектростанций общей мощностью 14,4 млн. кВт с выработкой энергии около 70 млрд.



Обследование района расположения Туруханской ГЭС на р. Нижней Тунгуске.

кВт·ч — Иркутской, Суховской, Тельминской, Братской, Усть-Илимской и Богучанской. Из перечисленных гидроэлектростанций Иркутская, Братская и Усть-Илимская уже введены в эксплуатацию, а Богучанская ГЭС строится. Суховская и Тельминская ГЭС — низконапорные гидроэлектростанции (12—13 м) суммарной установленной мощностью 800 МВт с выработкой электроэнергии 3,5 млрд. кВт·ч. Створы этих гидроэлектростанций размещаются на участке между Иркутской ГЭС и зоной выклинивания Братского водохранилища.

На Подкаменной Тунгуске — третьем по водности притоке Енисея выявлена возможность сооружения трех-четырёх гидроэлектростанций общей мощностью 3—3,5 млн. кВт с выработкой электроэнергии 19 млрд. кВт·ч. Наилучшие технико-экономические показатели и наиболее благоприятные строительные-хозяйственные условия имеет самая нижняя ступень каскада — Подкаменно-Тунгусская ГЭС. Установленная мощность этой гидроэлектростанции 2—2,5 млн. кВт, выработка электроэнергии 10,5 млрд. кВт·ч. В значительной степени окончательные параметры этой гидроэлектростанции будут

зависеть от подпорной отметки и размещения створа плотины Осиновской ГЭС.

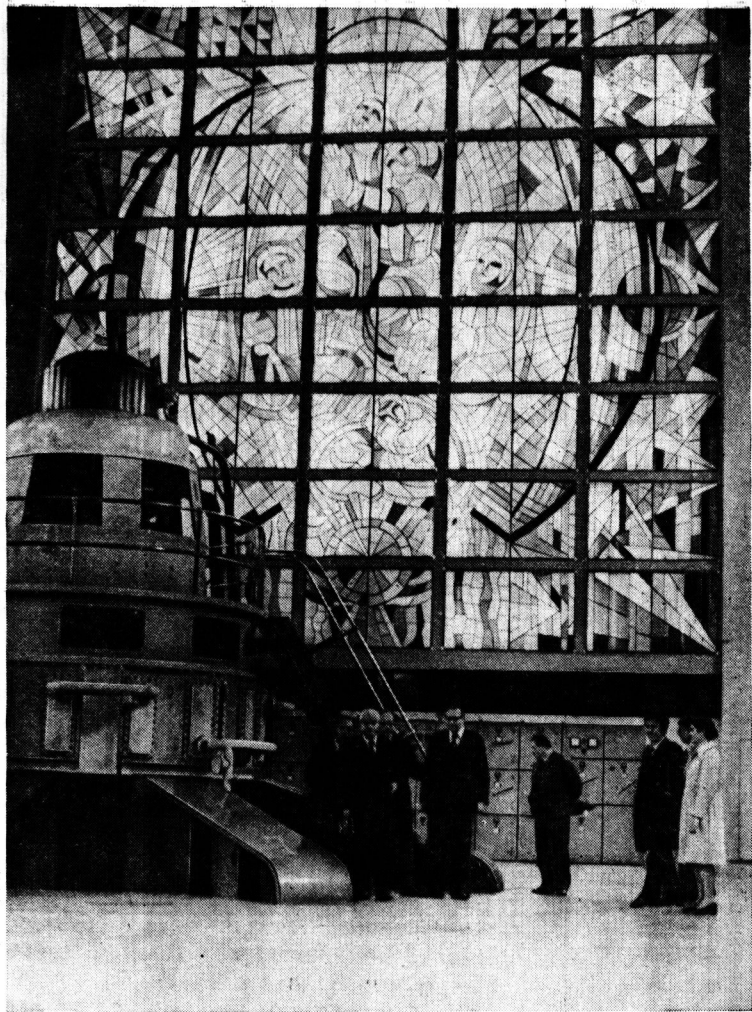
Нижняя Тунгуска — второй по водности после Ангары приток Енисея. Здесь установлена возможность сооружения уникальной по энергоотдаче Туруханской (Нижне-Тунгусской) ГЭС мощностью до 10 млн. кВт при выработке электроэнергии 40 млрд. кВт·ч. Рассматривалось два варианта размещения створа этой гидроэлектростанции — в районе около 100 км от устья и в непосредственной близости от устья. В последнем случае размещение гидроэлектростанции целесообразно только при отказе от строительства Игарской ГЭС на Енисее, подпирающей этот створ на 15 м.

Река Курейка — правобережный приток Енисея имеет длину 820 км с падением около 1000 м. Здесь на нижнем участке реки начато сооружение Курейской ГЭС, использующей напор 65 м. Подпор от водохранилища этой гидроэлектростанции распространится до оз. Дюпкун. Использование энергетических ресурсов верховьев реки выше оз. Дюпкун ввиду крайней труднодоступности и малого энергетического эффекта этого участка представляется пока малоперспективным.

На реке Хантайке — другом правобережном притоке Нижнего Енисея уже построена Усть-Хантайская ГЭС в районе Большого Хантайского порога. Энергетическое использование участка реки ниже порога нецелесообразно ввиду неблагоприятных топографических и геологических условий.

В целом Ангаро-Енисейский бассейн помимо уже построенных и строящихся гидроэлектростанций суммарной установленной мощностью более 27 млн. кВт со среднегодовой выработкой электроэнергии свыше 115 млрд. кВт·ч располагает еще значительными гидроэнергетическими ресурсами. Только на 8—10 гидроэлектростанциях, наиболее реальных для строительства в обозримом будущем, суммарной установленной мощностью примерно 30 млн. кВт может быть обеспечена выработка около 125 млрд. кВт·ч электроэнергии. С сооружением этих гидроэлектростанций будет использовано более 82% экономически эффективного гидроэнергетического потенциала этого уникального по ресурсам бассейна.

Возможности гидроэнергетического строительства в Ангаро-Енисейском бассейне столь грандиозны по



Усть-Хантайская ГЭС. В подземном машинном зале гидро-электростанции.

Основные показатели выявленных гидроэлектростанций Ангаро-Енисейского бассейна

Гидроэлектростанция	Река	Средне-годовой расход, м ³ /с	Напор, м	Установленная мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч	Объемы работ	
						земельно-скальных, млн. м ³	бетона и железобетона, тыс. м ³
Средне-Енисейская	Енисей	7865	54	6680	31 410	25,4	3860
Нижне-Ангарская	Ангара	3546	13	710	3350	11,6	850
Осиновская	Енисей	8780	50	6500	28 200	12,8	4100
Турханская (Нижне-Тунгусская)	Нижняя Тунгуска	3330	157	8300	37 300	57,0	1600
Игарская	Енисей	16 643	25	5000	30 000	43	3750
Подкаменно-Тунгусская	Подкаменная Тунгуска	1600	100	2500	10 700	23,2	1400
Тувинская	Большой Енисей	560	150	1500	6550	34,3	342
Шивелигская	То же	594	29	290	1300	2,3	195
Верхне-Тасевская	Тасеева	727	49	500	2200	0,6	840
Суховская	Ангара	2100	13	400	1700	10,8	449
Тельминская	"	2200	12	400	1800	8,2	422
Шуйская	Малый Енисей	349	142	870	3930	35,6	303
Буренская	То же	365	52	280	1350	11,0	196
Артемовская	Кизыр	190	112	350	1630	9,7	122

своим масштабам и необходимым материальным ресурсам, что для их успешного претворения в жизнь потребуются большая подготовительная работа. Необходимо совершенствование технических решений по гидроузлам и организации строительного производства.

Районы дальнейшего гидроэнергетического строительства в Ангаро-Енисейском бассейне характеризуются еще более суровыми природно-климатическими условиями по сравнению с районами уже осуществленного строительства, отсутствием постоянных транспортных связей. Эти обстоятельства требуют, с одной стороны, создания комфортабельных условий для жилья и отдыха трудящихся, в связи с чем необходимо опережающее строительство объектов социально-культурного и бытового назначения, в первую очередь детских садов, школ, больниц, стадионов, клубов. С другой стороны, они делают целесообразным разработку единой транспортной схемы обслуживания строительства во всем регионе и заблаговременное строительство транспортных магистралей и линий электропередачи. Особую сложность представляет решение этих вопросов применительно к Осиновской, Подкаменно-Тунгусской и Туруханской гидроэлектростанциям.

Доставку грузов на эти гидроэлектростанции в начальный период их строительства можно будет осуществлять летом водным транспортом, зимой — по автозимникам.

В целях сокращения подготовительного периода и быстрого развертывания основных работ на всех строительных площадках Ангаро-Енисейского каскада необходимо организовать строительство подсобно-вспомогательных объектов по поточной технологии из элементов заводской готовности. Изготовление этих элементов целесообразно осуществлять на центральной территориально-производственной базе. На ряде гидроузлов следует использовать экспедиционный (вахтенный) метод строительства, оправдавший себя на ряде отечественных и зарубежных строек, находящихся в зонах сурового климата.

Совершенствование организации строительства и повышения производительности труда на гидроузлах Ангаро-Енисейского бассейна должно происходить в направлении углубления специализации за счет создания организаций по укладке бетона, земельно-скальным ра-

ботам и т. д. На земельно-скальных работах перспективны широкое внедрение конвейерной доставки породы к плотине и применение гидромеханизации. Для укладки бетона в больших масштабах должны быть разработаны специальные технологические линии по непрерывно-поточному способу приготовления и укладки массового бетона, пригодные к эксплуатации в суровых климатических условиях.

БАССЕЙНЫ РЕК ЛЕНЫ И КОЛЫМЫ

На северо-востоке нашей страны развитие гидроэнергетики связано главным образом с освоением гидроэнергетических ресурсов Лены и Колымы. Бассейн Лены по величине гидроэнергетического потенциала является вторым в нашей стране после бассейна Енисея. Экономически эффективный гидроэнергетический потенциал Лены оценивается в 235 млрд. кВт·ч, т. е. составляет более 20% общесоюзного. Широкое использование этих ресурсов в прошлом сдерживалось их удаленностью от крупных потребителей электроэнергии. Однако это обстоятельство не ограничивало изучения и освоения в рациональных размерах гидроэнергетических ресурсов этого района. Оно началось еще в прошлом веке. В 1896 г. на р. Ныгри была введена в эксплуатацию гидроэлектростанция на одном из приисков Ленского золотопромышленного товарищества. Эта была одна из первых гидроэлектростанций в России. Генераторное напряжение Ныгринской ГЭС трансформировалось до 10 кВ и передавалось на расстояние свыше 20 км (первая высоковольтная линия электропередачи в России). В 1908 г. на притоке Лены — реке Бодайбинке была построена гидроэлектростанция, обслуживающая район разведанных минеральных ресурсов и в первую очередь золотоносных месторождений. К 1917 г. на Ленских золотых приисках работало шесть гидроэлектростанций общей мощностью около 2,5 тыс. кВт.

Более масштабное изучение и освоение гидроэнергетических ресурсов северо-востока нашей страны началось лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. В настоящее время по большинству рек этого обширного края разработаны схемы их энергетического использования. В 60-х годах в бассейне Лены введены в эксплуатацию Мамаканская и Вилюйская гидро-

электростанции, на р. Колыме начато строительство Колымской ГЭС. Последовательное изучение гидроэнергетических ресурсов бассейнов этих рек показало огромные возможности их дальнейшего освоения.

Схема энергетического использования среднего и нижнего течения Лены предусматривает строительство каскада из трех гидроэлектростанций — Ленской (Мухтуйской), Якутской и Нижне-Ленской общей мощностью около 30 млн. кВт с суммарной выработкой электроэнергии в объеме 150 млрд. кВт·ч. Нижне-Ленская ГЭС по своей среднесрочной энергоотдаче является самой крупной из выявленных в Советском Союзе гидроэлектростанций — выработка электроэнергии на ней может составить около 100 млрд. кВт·ч.

На верхней Лене (до устья р. Киренги) схемой использования намечалось сооружение Верхне-Ленского гидроузла, основным назначением которого является регулирование стока в целях улучшения судоходных условий на участке между г. Усть-Кут, где расположен крупный перевалочный порт Осетрово, и г. Киренском. Навигационные попуски из этого водохранилища в сочетании с русловыми мероприятиями должны обеспечить гарантированные судоходные глубины до 3 м. В составе гидроузла предполагается сооружение гидроэлектростанции мощностью 240 МВт с выработкой энергии 980 млн. кВт·ч, работающей в вынужденном режиме на санитарных и навигационных попусках.

На правом притоке Лены — на реке Киренге близ ее устья возможно сооружение Шороховской ГЭС с установленной мощностью около 1 млн. кВт и выработкой электроэнергии 3,7 млрд. кВт·ч. Строительство этой гидроэлектростанции ускорит формирование Верхне-Ленского территориально-производственного комплекса, специализирующегося на эксплуатации лесных ресурсов. В перспективе здесь возможно строительство Усть-Кутского лесопромышленного комплекса.

На Витиме — следующем правом притоке Лены сосредоточены крупнейшие энергетические ресурсы Забайкалья. Экономический потенциал этой реки определен в 25,3 млрд. кВт·ч. Использование этих ресурсов возможно на четырех гидроэлектростанциях — Мокской, Каралонской, Амалыкской и Бодайбинской общей мощностью 4,6 млн. кВт и выработкой электроэнергии 25,3 млрд. кВт·ч.

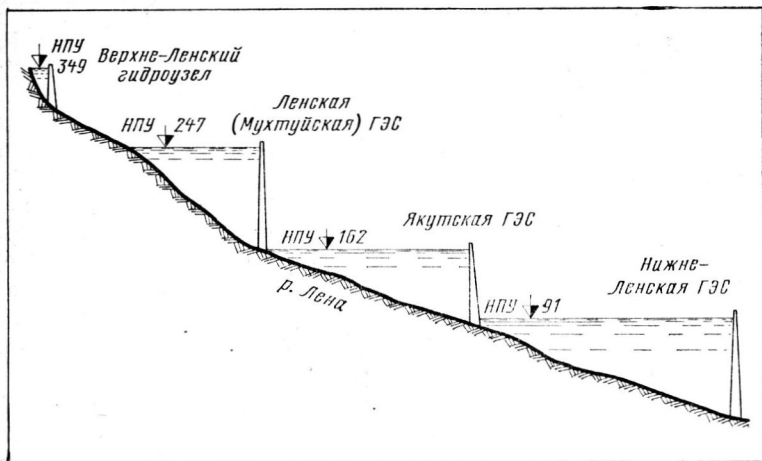


Схема гидроэнергетического использования р. Лены.

Кроме того, в перспективе возможно строительство Спицинского контррегулятора для выравнивания суточных колебаний уровней воды ниже Мокской ГЭС и гидроэнергетическое использование притоков Витима — рек Цыпа, Калар, Мамакан. На этих притоках может быть построено несколько сравнительно небольших гидроэлектростанций с суммарной выработкой электроэнергии до 7 млрд. кВт·ч. На Мамакане в 1964 г. была построена первая из них — Мамаканская ГЭС мощностью 86 МВт с выработкой электроэнергии около 0,4 млрд. кВт·ч. Эта гидроэлектростанция является важным источником энергии Бодайбинского промышленного района. Для обеспечения планируемого роста электропотребления в этом энергорайоне возможно строительство Тельмамской ГЭС мощностью до 400 МВт с выработкой энергии 1,3—1,8 млрд. кВт·ч, створ которой расположен выше Мамаканской ГЭС. Благодаря водохранилищу сезонного регулирования на Тельмамской ГЭС с ее строительством среднесуточная зимняя мощность Мамаканской ГЭС резко возрастет.

Строительство каскада гидроэлектростанций на Витиме будет иметь большое значение для освоения природных минерально-сырьевых ресурсов в зоне влияния БАМа, электроснабжения самой магистрали и формирующегося Северо-Байкальского ТПК. Проведенные

изыскания, научно-исследовательские и проектные работы показали, что основной отраслью специализации Северо-Байкальского ТПК будет горнодобывающая промышленность, сырьевой базой развития которой явятся Молодежное хризотил-асбестовое месторождение, Холодненское месторождение свинцово-цинковых руд, Байкальское и Чайское месторождения медно-никелевых руд, месторождения молибденовых руд. К Северо-Байкальскому ТПК примыкают Ленский золотonosный и Мамско-Чуйский слюдоносный районы.

Общесоюзное значение имеет освоение промышленных запасов асбеста. Разработка месторождения «Молодежное» позволит ликвидировать острый дефицит в текстильных и трубных сортах асбеста и создать прочную сырьевую базу для производства асбестотехнических изделий. Ввиду более низкого качества древесины по сравнению с расположенным рядом Верхне-Ленским ТПК развитие здесь лесной и деревообрабатывающей промышленности будет ограничено только удовлетворением местных потребностей.

На территории Северо-Байкальского ТПК расположена Муйская долина с очень благоприятными почвенно-климатическими условиями. Здесь имеется более 30 тыс. га плодородных земель. Естественно, что с этой долиной в определенной степени связывается решение проблемы обеспечения трудящихся предприятий территориально-производственного комплекса продуктами питания.

Энергоснабжение комплекса предприятий электроэнергией наиболее целесообразно осуществлять от Мокской ГЭС на Витиме, проектная мощность которой составит 1,5 млн. кВт. Энергию этой ГЭС можно будет передавать также в Верхне-Ленский ТПК и на Удоканский промышленный узел.

Удоканский промышленный узел формируется на севере Читинской области. Создателям этого промышленного узла приходится решать, пожалуй, самые сложные проблемы из тех, что стоят перед строителями БАМа и всей промышленной зоны, вызванной к жизни строительством железнодорожной магистрали.

Характеристики этого района действительно необычны вследствие чрезвычайно суровых природно-климатических условий. В настоящее время в северных районах Читинской области на площади около 150 тыс. км² про-

живает чуть более десяти тысяч человек. Из-за отсутствия дорог транспортировка грузов на Удокан может осуществляться только по автозимнику от ст. Могоча в течение четырех месяцев в году. В этом районе никогда не было промышленности, а объем производства продукции мелких предприятий составляет всего лишь 0,1% промышленного производства области.

Район обладает высокой сейсмичностью. Все это приходится тщательно учитывать при разработке этапов создания Удоканского промышленного узла и очередности строительства объектов, входящих в его состав. В частности, здесь, как нигде, должно предусматриваться опережающее развитие социально-бытовой инфраструктуры, но не с общепринятым подходом, а с обязательным созданием именно комфортабельных жилищно-бытовых и культурных условий.

Промышленная специализация Удоканского промышленного узла — горнодобывающая промышленность на месторождениях меди, железа и редких металлов. Одним из первых объектов строительства будет горнообогатительный комбинат на базе Удоканского месторождения медных руд. Интенсивное развитие промышленного узла станет возможным лишь с вводом в эксплуатацию участка БАМа Тында — Чара.

Дальнейшее развитие этого промышленного узла намечается за счет строительства Катугинского горнообогатительного комбината на базе одноименного комплексного месторождения редких металлов и создания железорудной сырьевой базы в Ханийском районе. Энергоснабжение этого весьма перспективного промышленного района предполагается осуществлять от гидроэлектростанций на Витиме и Олекме.

Река Олекма — следующий крупный правый приток Лены. Изучение ее ресурсов началось в 1954 г. с целью выявления перспективных энергоисточников для Алданского горнопромышленного района. Потенциальные запасы гидроэнергоресурсов этой реки были определены в 25,5 млрд. кВт·ч, что составляет 18% гидроэнергетического потенциала Лены. При этом экономически эффективная часть потенциала оценивается в 15,5 млрд. кВт·ч.

В результате анализа геоморфологии долины, топографических характеристик и технико-экономических показателей было рекомендовано использовать энерге-

тический потенциал реки на трех гидроэлектростанциях — Усть-Нюкжинской, Олекминской и Қирестээхской. Причем строительство первой целесообразно в отдаленной перспективе в связи с высокой стоимостью и сложными тектоническими условиями. В качестве первоочередной рекомендована Олекминская ГЭС, створ которой расположен на расстоянии более 200 км от трассы БАМа. Мощность этой гидроэлектростанции около 2 млн. кВт при выработке энергии 9,0 млрд. кВт·ч. Следующая ступень этого каскада — Қирестээхская расположена ниже Олекминской и будет ее контррегулятором. Выработка энергии на этой станции составит 1,8 млрд. кВт·ч.

Первые оценки энергетического потенциала реки Алдана были сделаны еще в 1933—1935 гг. Однако схема его комплексного использования разработана только в 1964 г. Этой схемой выявлена возможность строительства на Алдане и ее притоках Тимптоне, Учуре, Юдоме, Амге 15 гидроэлектростанций с суммарной выработкой энергии более 60 млрд. кВт·ч. Крупнейшими из них являются Белая ГЭС на Алдане (13,3 млрд. кВт·ч), Средне-Учурская на Учуре (11 млрд. кВт·ч) и Усть-Юдомская на Мае (4,7 млрд. кВт·ч).

На территории Алданского и южной части Олекминского районов Якутской АССР формируется Южно-Якутский территориально-производственный комплекс. Производственная специализация этого комплекса определяется наличием широкой гаммы полезных ископаемых и их исключительно удачным сочетанием. Во всей зоне влияния БАМа нет, пожалуй, другого района, где природные ресурсы были бы так хорошо изучены и подготовлены к промышленному освоению, как в Южной Якутии. Здесь разведаны месторождения золота, слюды, коксующихся углей, железных руд. Открыты месторождения апатита, горного хрусталя, обнаружены проявления бокситов, каолина, редких земель. Так, прогнозные запасы коксующихся углей Южно-Якутского бассейна оцениваются в несколько десятков миллиардов тонн, а запасы расположенного в 100—150 км от него Алданского железорудного района составляют три миллиарда тонн руды с высоким содержанием металла. Важнейшими природными кладовыми являются Алданская флогопитовая и Лено-Вилуйская нефтегазоносная провинции.

В составе Южно-Якутского ТПК выделяются своей значимостью и влиянием на его будущую структуру Алдано-Чульманский район. Предполагается, что этот район с уже хорошо развитой золото- и слюдодобывающей промышленностью на первом этапе будет развиваться за счет модернизации и расширения существующих предприятий. В более отдаленной перспективе вероятно развитие производства апатитового концентрата, а также предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности, для создания которых складываются самые благоприятные условия: наличие крупных запасов древесины, дешевых углей, достаточных источников водоснабжения, крупной электроэнергетической базы и реальных перспектив развития железнодорожного транспорта.

Особое значение в дальнейшем развитии Южно-Якутского ТПК, в формировании его структуры будет иметь, несомненно, благоприятное пространственное расположение коксующихся углей и железных руд. В настоящее время проводится детальное изучение проблемы создания мощной базы черной металлургии и вариантов территориального размещения ее основных производств. Но уже сейчас можно сказать, что создание в восточных территориально-производственных комплексах зоны БАМа мощного металлургического производства весьма благоприятно.

В связи с этим в Алдано-Чульманском районе, имеющем в своем составе месторождения коксующихся углей и железных руд, самое широкое развитие получит горнодобывающая промышленность, создание которой до сих пор тормозилось отсутствием надежных транспортных связей. Строительство БАМа и прокладка ее меридиональной линии Тында — Беркакит открывают дорогу к подземным кладовым Южной Якутии и в первую очередь к уникальному Нерюнгринскому месторождению коксующегося угля. Проектная мощность разреза «Нерюнгринский» составит 13 млн. т угля в год. При этом будет добываться 4 млн. т энергетических и 9 млн. т коксующихся углей. Для оценки масштабов этой добычи можно сказать, что в настоящее время добыча угля на всех месторождениях Якутии не превышает 2 млн. т. До 1982 г. запроектировано сдать в эксплуатацию первую очередь этого разреза мощностью 13 млн. т добычи угля в год.

Для открытой отработки угольного пласта толщиной около 80 м требуется в течение строительного периода произвести вскрышные работы в объеме около 17 млн. м³. Конечно, это под силу только сверхмощной технике, такой, например, как автосамосвалы грузоподъемностью по 180 т, для которых потребовалось проложить трассу от карьера до отвалов шириной 32 м. В составе этого угольного комплекса будет построена центральная обогатительная фабрика мощностью 9 млн. т концентрата в год. Ее высокая техническая оснащенность позволяет по проектным расчетам обеспечить здесь производительность труда в четыре раза большую, чем на лучших аналогичных предприятиях страны. Это крайне важно в условиях низкой обеспеченности трудовыми ресурсами. В создании Нерюнгринского угольного комплекса участвует Япония, которая будет импортировать на компенсационной основе концентрат коксующихся углей в счет погашения кредита.

Энергоснабжение Южно-Якутского ТПК будет обеспечиваться от строящейся Нерюнгринской ГРЭС. Мощность ее первой очереди составит 630 тыс. кВт, а проектная — 2400 тыс. кВт. Для водообеспечения промышленных объектов может оказаться целесообразным сооружение Чульманской ГЭС на Алдане.

Основные показатели гидроэлектростанций в бассейне р. Лены

Гидроэлектростанция	Река	Годовой сток, м ³ /с	Напор, м	Установленная мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч
Мамаканская	Мамакан	186	46,5	86	356
Вилюйская I и II	Вилюй	622	68	648	2610
Вилюйская III	"	670	33,5	320	900
Тельмамская	Мамакан	180	140	420	1492
Мокская	Витим	738	135	1300	6700
Олекминская	Олекма	885	183	2000	9000
Кирестээхская	"	900	36	400	1800
Амалыкская	Витим	1340	64	840	4200
Шороховская	Лена	667	85	750	3700
Ленская (Мух-туйская)	Лена	4010	66	4600	23 000
Якутская	"	6760	84	3440	20 600

Из левых притоков Лены наиболее полно в энергетическом отношении изучен Вилюй. Начало работ по изучению и освоению гидроэнергетических ресурсов Вилюя было положено в период открытия алмазных месторождений в Западной Якутии. Рост электропотребления алмазодобывающей промышленности и коммунально-бытового хозяйства района способствовал интенсивному строительству и освоению мощности Вилюйских ГЭС.

Схемой энергетического использования реки было намечено сооружение каскада в четырех створах — Чиркуокском, Эрбейэкском, Усть-Ботуобском и Крестьянском. Сооружение каскада началось с Эрбейэкского створа (где в 1967—1969 гг. была введена в эксплуатацию первая очередь Вилюйской ГЭС, а в 1975—1976 гг. — ее вторая очередь). Следующей к строительству рекомендована электростанция в Усть-Ботуобском створе, расположенном в 145 км ниже первой гидроэлектростанции.

Запроектированным каскадом гидроэлектростанций будет использовано 150 м падения реки на участке в 1200 км при общем падении около 480 м. Суммарная выработка энергии каскада вилюйских гидроэлектростанций составит более 50% полного энергетического потенциала реки.

Анализ возможностей использования гидроэнергетических ресурсов в бассейне Лены показывает, что в ближайшие 20 лет в основном будет продолжено строительство гидроэлектростанций на ее притоках. Это обусловлено рядом обстоятельств. Удаленность крупнейших гидроэлектростанций в основном русле реки Лены от соизмеримых по масштабам энергопотребителей и связанная с этим необходимость строительства линий электропередачи большой протяженности (до 4 тыс. км) препятствуют в настоящее время освоению этих гидроэнергоресурсов.

Сроки ввода витимских гидроэлектростанций будут, по-видимому, обусловлены темпами хозяйственного освоения зоны БАМа и роста электропотребления в этом районе, поскольку относительно высокая стоимость этих гидроэлектростанций делает малоэффективной выдачу их мощности на большие расстояния.

Строительство олекминских гидроэлектростанций, расположенных в центре крупнейшей железорудной

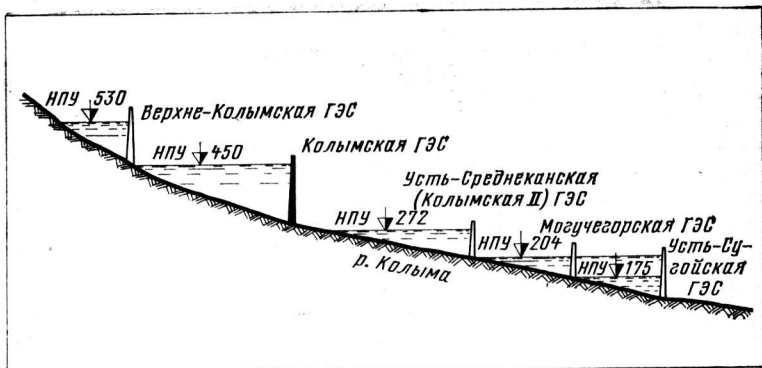


Схема гидроэнергетического использования р. Колымы.

провинции между Чаро-Токкинским и Амгино-Олекминским месторождениями, вблизи от южно-якутских месторождений коксующихся углей и Олекминского месторождения поваренной соли, создаст энергетическую и производственную базу для освоения этих месторождений и переработки сырья. На базе Олекминской ГЭС можно будет осуществить электрификацию центральной части БАМа. Водоохранилище этой гидроэлектростанции сделает судоходным участок реки протяженностью 200—300 км от БАМа до створа гидроузла, который в настоящее время является исключительно труднодоступным.

Река Колыма протяженностью 2150 км протекает по территории Магаданской области и Якутской АССР. За последние 20 лет неоднократно рассматривалось использование ее энергетического потенциала. Сложность создания надежной энергетической базы для развивающейся горнодобывающей промышленности этого сурового края потребовала особо тщательного подхода к выбору перспективных энергоисточников. В результате исследований было признано наиболее целесообразным строительство на Колыме и ее притоках каскада гидроэлектростанций в качестве основы электроэнергетики района.

Разработанная схема использования Колымы предусматривает ее энергетическое использование в верхнем и среднем течениях на участке протяженностью 1100 км до устья реки Коркодон. Участок ниже этой реки протяженностью 1050 км в силу неблагоприятных топогра-

фических условий, важного рыбохозяйственного и транспортного значения в энергетическом отношении мало-перспективен. На возможном для энергетического использования участке Колымы предусмотрено сооружение каскада из пяти гидроэлектростанций — Верхне-Колымской, Колымской, Усть-Среднеканской, Могучегорской и Усть-Сугойской. На этих гидроэлектростанциях может быть реализовано около 50% экономически целесообразного гидроэнергетического потенциала реки (при суммарном использовании ее падения в пределах 330 м). Сооружение первой гидроэлектростанции — Колымской было начато в 1973 г. После ее возведения можно приступить к строительству Усть-Среднеканской (Колымской II), затем Верхне-Колымской ГЭС.

Вопрос о Могучегорской и Усть-Сугойской ГЭС следует решать в зависимости от результатов последующих проработок. Возможно, окажется целесообразным поднять подпорную отметку Усть-Сугойской ГЭС и отказаться от сооружения промежуточной Могучегорской ГЭС. В дальнейшем, после освоения энергетического потенциала Колымы, возможно сооружение одной гидроэлектростанции на ее притоке — Буюнде.

Все гидроэлектростанции Колымского каскада, кроме строящейся, будут иметь напор от 25 до 70 м. Сложные климатические, транспортные и геологические условия района определяют целесообразность осуществления некоторых общих принципов в проектировании и строительстве гидроэлектростанций Колымского каскада: максимальное использование местных строительных материалов для возведения плотин, сведение к минимуму объема бетонных работ, максимальное применение подземных сооружений, предельное сокращение мощности строительной базы.

БАССЕЙНЫ РЕК ЗЕИ И БУРЕИ

Перспективные гидроэнергетические ресурсы Дальнего Востока сосредоточены главным образом на притоках Амура — Зее и Бурее. Изучение их началось еще в тридцатые годы, что в значительной степени определялось необходимостью защиты земель от дождевых паводков, наносящих большой урон хозяйству района. Широкое развитие эти работы получили в начале пятидесятых годов, когда комплексной экспедицией АН СССР было

проведено обследование бассейна Амура. Затем проектными организациями Минэнерго СССР были разработаны схемы использования Зеи, Селемджи, Буреи и возвращено проектирование и строительство Зейской ГЭС.

На Зее и ее притоке Гилюе было намечено сооружение каскада из пяти гидроэлектростанций с суммарной выработкой электроэнергии 13,8 млрд. кВт·ч при установленной мощности 3 млн. кВт. Первоочередной по своим технико-экономическим показателям и комплексному эффекту в народном хозяйстве была признана Зейская ГЭС, строительство которой в настоящее время завершается.

На реке Селемдже, крупнейшем притоке Зеи, рассматривался каскад из девяти гидроэлектростанций с выработкой электроэнергии 8,6 млрд. кВт·ч при установленной мощности 1,6 млрд. кВт·ч. В этом каскаде наиболее эффективной является Дагмарская ГЭС.

На Бурее и ее притоке Нимане намечен каскад также из девяти гидроэлектростанций с суммарной выработкой электроэнергии 16,8 млрд. кВт·ч при установленной мощности 4 млн. кВт. Первоочередной в этом каскаде гидроэлектростанций является Бурейская мощностью 2 млн. кВт с выработкой 6,5 млрд. кВт·ч, строительство которой началось в десятой пятилетке.

При работе Бурейской ГЭС в нижнем бьефе гидроэлектростанции суточная амплитуда колебания уровней будет достигать 4,7 м. Для ликвидации этих колебаний ниже Бурейской намечено сооружение Нижне-Бурейской ГЭС.

Всего на Зее и Бурее по первоначальным схемам была выявлена возможность сооружения 23 гидроэлектростанций с суммарной выработкой электроэнергии в размере 30 млрд. кВт·ч. Однако выполненные в последнее время работы по уточнению энергетического потенциала и технико-экономических характеристик гидроэлектростанций этого района показали, что за двадцатилетие, прошедшее со времени разработки схем рек Зеи и Буреи, хозяйственная обстановка на территории их бассейнов изменилась таким образом, что строительство многих из намеченных гидростанций становится малоперспективным.

В результате этих проработок установлено, что в бассейнах этих рек кроме строящейся Зейской ГЭС целе-

сообразно сооружение Бурейской, Нижне-Бурейской и Дагмарской. Остальные гидроэлектростанции по современной оценке недостаточно эффективны и в интересах сохранения сложившегося хозяйственного комплекса от их сооружения пока следует воздержаться.

Особое значение будут иметь водохранилища Зейской, Бурейской и Дагмарской гидроэлектростанций для борьбы с наводнениями. На реках Дальневосточного района периодически происходят ливневые паводки в осенне-летний период, сопровождающиеся подъемами уровня воды в реках до 15 м. Наводнения оказывают пагубное влияние на развитие многих отраслей народного хозяйства и особенно сельского хозяйства. Используемые пойменные угодья составляют около 20% всех сельскохозяйственных земель Дальневосточного района. Для их интенсивной эксплуатации приходится возводить многокилометровые противопаводочные обвалования земель, строить множество специальных регулирующих водохранилищ.

Строящийся Зейский гидроузел позволит полностью ликвидировать наводнения на участке реки от створа гидроузла до впадения в Зею реки Селемджи. На этом участке речной долины в результате зарегулирования стока можно будет дополнительно ввести в хозяйственное использование 19 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Строительство Дагмарского водохранилища на р. Селемдже позволит освободить от затоплений долину Зеи и Селемджи на всем протяжении от створов гидроузлов до устья Зеи. При этом будут созданы условия для сельскохозяйственного использования дополнительно 78 тыс. га пойменных земель (в том числе 59 тыс. га за счет Дагмарского водохранилища и 19 тыс. га за счет Зейского).

Объемы основных работ по гидроэлектростанциям в бассейнах рек Зеи и Буреи

Наименование работ	Бурейская ГЭС	Нижне-Бурейская ГЭС	Дагмарская ГЭС
Земельно-скальные, млн. м ³	32,3	3,0	6,4
Бетон и железобетон, тыс. м ³	1000	352	212

Регулирование стока Бурейским водохранилищем освободит от затоплений 15 тыс. га используемых в сельском хозяйстве земель. Появится возможность дополнительно освоить 21,6 тыс. га высокопродуктивных угодий.

В результате строительства Зейского и Дагмарского водохранилищ можно будет сократить затраты на обвалование сельскохозяйственных земель на 104 млн. руб. по капиталовложениям и на 4,7 млн. руб. по ежегодным издержкам. Строительство Бурейского водохранилища сократит капиталовложения в строительство обвалованных на 41 млн. руб. с сокращением издержек на 1,5 млн. руб.

Бурейский гидроузел характеризуется высоким напором (130 м) и значительными объемами работ. Протяженность напорного фронта гидроузла составит около 1 км. Дагмарский и Нижне-Бурейский гидроузлы являются низконапорными (соответственно 42 и 26 м), строительные объемы работ по ним сравнительно невелики. Сооружение всех этих гидроэлектростанций будет осуществляться коллективом Зейгэсстроя, сформировавшимся в процессе сооружения Зейской ГЭС.

Перспективные гидроэлектростанции на Зее и Бурее являются высокоэффективными комплексными объектами. Они предназначены для энергоснабжения Амурской области, Хабаровского и Приморского краев. Войдя в состав ОЭС Дальнего Востока, эти гидроэлектростанции послужат дальнейшему укреплению энергетической базы формирующихся здесь Западно-Амурского, Зейско-Свободненского, Ургальского и Нижне-Амурского территориально-производственных комплексов и промышленных узлов.

БАССЕЙН ОБИ

Бассейн Оби занимает первое место среди рек СССР по площади водосбора и третье по объему стока. В этом бассейне сосредоточено около 10% экономически целесообразного гидроэнергетического потенциала страны. Общий экономически и целесообразный потенциал гидроэнергоресурсов рек бассейна Оби составляет 94 млрд. кВт·ч. На долю территории, расположенной в границах Объединенной энергетической системы Сибири приходится около 71 млрд. кВт·ч.

Река Обь начинается слиянием рек Бии и Катунь. На верхнем ее участке (до впадения Томи) уже эксплуатируется Новосибирская ГЭС мощностью 400 МВт с выработкой электроэнергии 1,7 млрд. кВт·ч. Других створов, благоприятных для энергетического использования, на этом участке практически нет. Однако в связи с ведущимися в настоящее время работами по изучению возможностей переброски части стока Оби в Казахстан и Среднюю Азию здесь будет возможно сооружение Каменского и Батурина гидрозловов.

В среднем течении Обь протекает по территории Западно-Сибирской низменности. Создание здесь водохранилищ даже с небольшим подпором вызовет огромные затопления, а длина плотин достигнет нескольких десятков километров. Кроме того, в пойме средней Оби выявлены нефтяные и газовые месторождения, что также препятствует гидроэнергетическому освоению реки на этом участке.

На нижней Оби, по существу, единственным створом, благоприятным для строительства гидроэлектростанции, является створ, расположенный в районе Салехарда. Здесь может быть сооружена крупная Нижне-Обская ГЭС мощностью до 4—5 млн. кВт с выработкой электроэнергии около 20 млрд. кВт·ч. Строительство этой гидроэлектростанции, которая в ближайшей перспективе будет служить только источником электрической мощности и энергии, не представляется эффективным из-за чрезвычайно больших затоплений пойменных земель, летних пастбищ, лесов, а также подтоплений ряда газовых и нефтяных месторождений. Вместе с тем, учитывая большой энергетический потенциал этой гидроэлектростанции, близость ее к европейским районам страны, возможность выработки расположенных в зоне влияния ее водохранилища газовых и нефтяных месторождений и возможность использования Нижне-Обского водохранилища в качестве регулятора в системе мероприятий по переброске части стока Оби в Среднюю Азию, в дальнейшем целесообразно вернуться к разработке этого проекта.

Река Катунь является наиболее крупной рекой Горного Алтая. Ее длина 650 км, площадь водосборного бассейна 60 тыс. км², общее падение 1700 м.

Верхняя часть Катунь не рекомендуется к энергетическому использованию в ближайшей перспективе из-

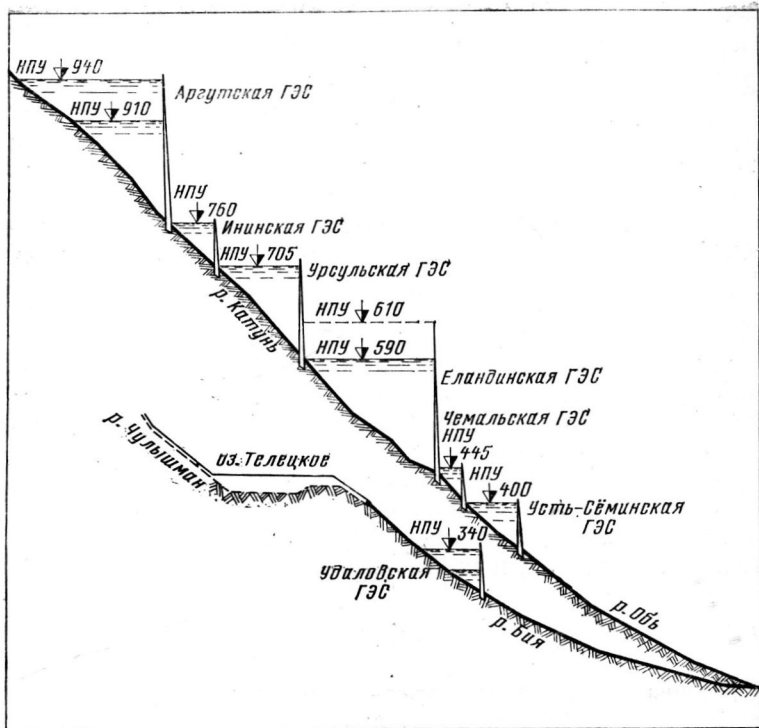


Схема гидроэнергетического использования рек Катунь и Бий.

за значительной удаленности от существующих железнодорожных и автодорожных путей сообщения и центров электропотребления, а также малого энергетического потенциала. Долина реки на нижнем участке (от устья Семы до слияния с Бией) — широкая, густо заселенная, уклоны относительно малы. В энергетическом отношении этот участок также не представляет интереса.

Наибольший интерес с точки зрения энергетического использования представляет средняя часть Катунь длиной несколько более 300 км, падение на которой составляет 600 м. Энергетический потенциал этого участка оценивается в 19 млрд. кВт·ч. Здесь рекомендуется сооружение каскада из шести гидроэлектростанций общей мощностью около 4 млн. кВт с выработкой электроэнергии 18 млрд. кВт·ч.

Результаты энергоэкономических исследований показывают, что в качестве первоочередных объектов гидроэнергетического строительства на этой реке следует рассматривать Еландинскую, Чемальскую и Аргутскую гидроэлектростанции с суммарной выработкой электроэнергии около 11 млрд. кВт·ч. Рассматривается также и вариант переброски части стока Катуня в объеме 2—4 км³ в бассейн Иртыша через реку Бухтарму.

Из притоков Катуня наибольший интерес для гидроэнергетического использования могут представлять реки Чуя и Аргут.

Река Аргут — наиболее крупный приток Катуня. В среднем ее течении могут быть созданы две гидроэлектростанции — Кара-Су и Юнгур с общей выработкой около 2 млрд. кВт·ч электроэнергии в год. В этом случае будет использовано более половины энергетического потенциала этой реки.

Река Чуя имеет среднемноголетний расход воды в устье 43 м³/с. На нижнем участке протяженностью около 65 км она протекает по широкой долине, сравнительно плотно заселенной. По длине реки проходит Чуй-

Основные показатели гидроэлектростанций в бассейне р. Оби (без Иртыша)

Гидроэлектростанция	Река	Годовой сток, м ³ /с	Напор, м	Установленная мощность, МВт	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч
Действующие и строящиеся гидроэлектростанции					
Новосибирская	Обь	1660	16	400	1700
Крапивинская	Томь	1000	36	300	1890
Выявленные гидроэлектростанции					
Еландинская	Катунь	552	165	1570	6000
Чемальская	"	555	45	275	1600*
Аргутская	"	409	145	790	3500
Усть-Семинская	"	579	60	320	1600
Урскульская	"	496	70	425	1900
Ининская	"	55	55	320	1600
Нижне-Обская	Обь	13 200	25	3780	18 900

* При наличии Еландинской ГЭС

ский тракт. Довольно благоприятные условия для гидроэнергетического строительства выявлены в районе села Чибит, где река, образуя большую излучину, течет в узком горном ущелье с крутыми берегами. Падение реки на длине около 20 км составляет 360 м, т. е. в среднем 18 м/км. Здесь возможно сооружение деривационной гидроэлектростанции мощностью 150—200 тыс. кВт с выработкой электроэнергии 0,7—1,0 млрд. кВт·ч. Водохранилище Чибитской гидроэлектростанции сможет осуществить почти полное регулирование стока Чуи и тем самым улучшить энергетические показатели каскада гидроэлектростанций на Катунь.

По своим технико-экономическим показателям гидроэлектростанции на притоках Катунь значительно уступают гидроэлектростанциям в основном русле реки, поэтому строительство их возможно лишь в отдаленной перспективе. Создание Катунских гидроэлектростанций окажет положительное влияние и на развитие других отраслей народного хозяйства. В частности, расчеты показывают, что регулирование стока реки водохранилищами высвободит для использования 11 тыс. га земель в Обской пойме, обычно затапливаемых паводками.

На реке Томи — правом притоке Оби — на участке от Новокузнецка до Томска возможно сооружение четырех гидроэлектростанций общей мощностью 1,1 млн. кВт с выработкой электроэнергии около 6 млрд. кВт·ч. Гидротехническое строительство на этой реке наряду с решением энергетических задач будет направлено на улучшение гидрохимического режима реки и увеличение судоходных глубин.

Строительство первоочередного на этой реке Крапивинского гидроузла с гидроэлектростанцией мощностью 300 МВт началось в десятой пятилетке. Его водохранилище полезной емкостью 6,7 км³ обеспечит десятикратное разбавление стока ниже плотины. При этом меженные расходы воды в реке будут увеличены до 500 м³/с, что коренным образом улучшит ее санитарное состояние. Остальные гидроэлектростанции этого каскада имеют достаточно высокие показатели стоимости и могут рассматриваться в перспективе только в составе гидроузлов комплексного назначения.

IV. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Значение гидроэнергетического строительства в экономическом развитии районов Сибири и Дальнего Востока очень велико. Оно оказывает большое влияние на ускорение освоения природных богатств этого обширного края, способствует рациональному размещению производительных сил страны. При этом строительство и эксплуатация гидроэлектростанций в Сибири и на Дальнем Востоке, как источников энергоснабжения, значительно экономичнее строительства и эксплуатации тепловых электростанций, для обеспечения работы которых требуются большие затраты на добычу и транспорт топлива. Это положение является существенным фактором при характеристике народнохозяйственного значения гидроэнергетического строительства в восточных районах страны.

В современной энергетике Сибири и Дальнего Востока, как уже было показано, гидроэлектростанции являются одним из основных типов электростанций в объединенных энергетических системах этих районов, а во многих изолированных энергорайонах они являются, по существу, единственными источниками энергоснабжения.

Энергетическое значение гидроэлектростанций Сибири и Дальнего Востока не исчерпывается их участием в балансах электрической мощности и энергии. Высокие маневренные качества гидроагрегатов позволяют возлагать на гидроэлектростанции задачи покрытия неравномерной части графиков электрической нагрузки, функции регулирования частоты и перетоков мощности в энергетических объединениях. Эти качества и незначительная стоимость установки дополнительной мощности на гидроэлектростанциях делают вполне реальным при наличии мощных энергетических связей между объединенными энергетическими системами европейской части СССР и Сибири участие крупнейших гидроэлект-

ростанций на Ангаре и Енисее в покрытии переменных электрических нагрузок европейских районов страны.

Гидроэлектростанции Сибири обеспечивают значительную долю резерва мощности энергетической системы. Созданные при гидроэлектростанциях водохранилища большой емкости аккумулируют огромный запас гидроэнергии, который служит надежным резервом на случай перебоев с энергоснабжением потребителей электроэнергии. Это значение гидроэлектростанций в перспективе еще более возрастает в связи с созданием в суровых климатических условиях крупнейшего в стране Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса. Совместная работа мощных тепловых и гидравлических электростанций с крупными водохранилищами в наибольшей степени обеспечит бесперебойную работу энергетической системы.

Велико значение гидроэлектростанций Сибири и Дальнего Востока в формировании структуры топливно-энергетического баланса не только этих районов, но и всей страны в целом. Покрывая около 40% общей потребности ОЭС Сибири в энергетическом топливе, гидроэлектростанции дают возможность направить в европейские районы страны значительную часть добываемых здесь топливно-энергетических ресурсов. Количественно уменьшение потребности в энергетическом топливе можно представить, исходя из удельных расходов топлива на тепловых электростанциях. Удельные расходы условного топлива на тепловых электростанциях Сибири составляют 0,34—0,36 кг на выработанный киловатт-час электроэнергии, на тепловых электростанциях Дальнего Востока 0,4—0,45 кг. При среднемноголетней выработке электроэнергии на существующих и строящихся гидроэлектростанциях Сибири около 120 млрд. кВт·ч достигается снижение потребности в энергетическом топливе более чем на 40 млн. т условного, или в переводе на канско-ачинский уголь около 80 млн. т натурального угля в год. Это в конечном итоге приводит к экономии материальных и трудовых затрат не только на добычу этого топлива, но и на его транспорт до места потребления.

Таким образом, оценивая значение гидроэлектростанций в энергетике Сибири и Дальнего Востока, можно сказать, что они в настоящее время являются и в обозримой перспективе будут одним из основных типов

электростанций. Кроме участия в покрытии электрических нагрузок объединенных энергосистем и изолированных энергорайонов, они обеспечивают регулирование частоты и перетоков мощности, а также создание резерва мощности и выработки энергии в энергетических системах.

При количественной оценке экономической эффективности это значение гидроэлектростанций выражается экономией затрат на сооружение и эксплуатацию вытесняемых из балансов электрической мощности и энергии тепловых электростанций вместе с соответствующими топливными базами.

Для иллюстрации этого эффекта можно привести следующие цифры. Только по строящимся в настоящее время в ОЭС Сибири Усть-Илимской, Саяно-Шушенской и Богучанской гидроэлектростанциям суммарные приведенные затраты на их строительство и последующую эксплуатацию несколько превысят 500 млн. руб., тогда как сооружение и эксплуатация тепловых электростанций на соответствующую мощность и выработку электроэнергии вместе с затратами на добычу топлива потребуют примерно 720 млн. руб., т. е. на 44% больше.

Существенна роль гидроэнергетического строительства в ускорении освоения природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Большие объемы земельно-каменных, бетонных и монтажных работ при возведении основных сооружений гидроэлектростанций требуют создания крупных баз строительной индустрии, коммуникаций, значительного жилищного и коммунально-бытового фонда. Использование этих баз, коммуникаций и жилищно-бытового фонда облегчает строительство промышленных предприятий в прилегающих районах. В то же время районы размещения гидроэлектростанций в Сибири и на Дальнем Востоке совпадают с районами концентрации полезных ископаемых и лесных ресурсов. Поэтому наличие дешевой электроэнергии, регулируемых водных ресурсов в сочетании с развитой при строительстве гидроэлектростанций социальной и производственной инфраструктурой приводит к целесообразности размещения здесь крупных территориально-производственных комплексов. Совместная организация строительства промышленных предприятий и гидроэлектростанций позволяет сократить общие затраты на создание комплексов, обеспечивает планомерное

развитие всех их элементов, хозяйственное освоение и заселение необжитых территорий.

Затраты, связанные со строительством объектов производственной и социальной инфраструктуры при сооружении гидроэлектростанций в освоенных районах европейской части СССР, составляют обычно от 12 до 17% их сметной стоимости. В районах Сибири и Дальнего Востока, где гидроэлектростанции играют пионерную роль в освоении района, эти затраты значительно выше и составляют 20—26%.

Проведенный на примере отдельных гидроэлектростанций Сибири и Дальнего Востока анализ показал, что затраты в производственную инфраструктуру составляют 55—65%, а в социальную 35—45% общих затрат в инфраструктуру промышленного района.

Для районов Сибири и Дальнего Востока возможность использования предприятий инфраструктуры, подготовленной гидроэнергетическим строительством, повышает уровень инфраструктурной обслуженности района, способствует привлечению в него новых промышленных предприятий и ускоряет формирование территориально-производственных комплексов. При сочетании строительства гидроэлектростанций и территориально-производственных комплексов возможно привлечение кадров гидроэнергостроителей, а также членов их

Удельный вес капиталовложений в инфраструктуру в общих капиталовложениях в гидроэнергетическое строительство

Район	Гидроэлектростанция	Доля затрат на инфраструктуру, %
Сибирь и Дальний Восток	Братская	19,7
	Красноярская	20,5
	Усть-Илимская	24,2
	Усть-Хантайская	20,2
	Саяно-Шушенская	24,9
	Колымская	25,3
	Богучанская	21,9
Европейская часть СССР	Саратовская	16,5
	Киевская	11,7
	Каневская	12,6
	Чебоксарская	12,4
	Нижне-Камская	13,5
	Плявиньская	16,7

семей для возведения и эксплуатации предприятий комплекса, что имеет особенно большое значение в малообжитых и вновь осваиваемых районах.

Наличие подготовленной строительной базы и транспортных путей позволяет до минимума сократить продолжительность и затраты подготовительного периода при сооружении промышленных предприятий. Возможность использования поселка гидростроителей с его культурно-бытовыми учреждениями является важным фактором в привлечении и закреплении рабочих кадров, особенно квалифицированных.

Сооружение промышленных предприятий на территории, подготовленной в инженерном отношении гидроэнергетическим строительством, позволяет также снизить и затраты в промышленное строительство. Созданные в период строительства транспортные сооружения и коммуникации, линии электропередачи и связи, освоение и благоустройство территории и возникновение самой гидроэлектростанции как источника электроэнергии остаются постоянно действующими факторами регионального развития экономики.

В качестве одного из примеров комплексного подхода к решению проблемы развития экономики крупного района на базе гидроэнергетического строительства можно привести опыт создания Братского комплекса, для которого характерно гармоничное сочетание предприятий разных отраслей промышленности, что, по мнению специалистов, обеспечило экономию 10—15% капитальных вложений. Немалая доля этой экономии относится к Братской ГЭС, управлению по ее строительству.

Управление «Братскгэсстрой» было создано в сентябре 1954 г. для организации строительства Братской ГЭС. При его создании учитывалось, что по мере сооружения гидроэлектростанции в районе начнут возводиться и другие предприятия, новые города и поселки. Братскгэсстрой из специального управления по строительству Братской ГЭС вскоре превратился в крупную универсальную территориальную строительную организацию, которая осуществляла почти все производственное и непроизводственное строительство в Среднем Приангарье и частично в смежных районах.

Для выполнения строительно-монтажных работ в системе Братскгэсстроя был создан комплекс территориаль-

но-производственных управлений. Даже перечень их может дать приблизительное представление о довольно сложной организации этого огромного строительного комбината. Причем структура его периодически менялась в зависимости от производственных заданий. В начальный период, когда строилась Братская ГЭС, работы выполнялись управлением строительства Братской ГЭС. С 1968 г. действовало уже семь управлений: строительства Усть-Илимской ГЭС, Братского алюминиевого завода, Братского лесопромышленного комплекса, города Братска, Коршуновского горно-обогатительного комбината, промышленного строительства, гражданских сооружений. В 1972 г. было создано новое управление — строительства Усть-Илимского ЛПК.

Мощность Братскгэсстроя, выполнявшего в 1955 г. строительные и монтажные работы на 8,6 млн. руб. (в ценах 1961 г.), достигла теперь 340 млн. руб. в год. Таким образом, по мере развития производительных сил района размеры строительной базы не сокращаются, а ее мощности переключаются с завершающих объектов на новые.

Наличие к началу работ по сооружению промышленных предприятий подготовленной стройбазы, жилого поселка, транспортных путей позволило сократить сроки строительства этих предприятий. Примером может служить строительство Братского и Красноярского алюминиевых заводов. Сооружение первого началось с 1961 г.,

Распределение строительного и монтажного работ Братскгэсстроя по основным объектам в 1969— 1974 гг., %

Объект	1961	1969	1971	1974
Братскгэсстрой, всего	100,0	100,0	100,0	100,0
В том числе:				
Братская ГЭС	60,5	1,7	0,6	—
Усть-Илимская ГЭС	—	25,8	25,0	25,5
Братский ЛПК	13,8	12,9	20,0	20,0
Алюминиевый завод	0,3	22,4	18,7	17,6
Коршуновский ГОК	8,3	5,9	6,1	4,9
Строительная база и прочие объекты	17,1	31,3	29,6	32,0

когда в районе благодаря строительству Братской ГЭС были подготовлены строительная база, жилой поселок, транспортные пути, что позволило сразу приступить к сооружению завода. К началу строительства Красноярского алюминиевого завода строительная база практически отсутствовала. В результате начало ввода мощности на Братском заводе наступило на 6-й год строительства, на Красноярском — на 10-й год строительства. Освоение проектной мощности Братского завода было осуществлено в полтора раза быстрее, чем на Красноярском заводе. Приведенные данные свидетельствуют о значительном влиянии, оказываемом производственной и социальной инфраструктурой, создаваемой при сооружении гидроэлектростанции, на ускорение освоения природных ресурсов на востоке страны.

В то же время при количественной оценке экономической эффективности гидроэнергостроительства это значение гидроэлектростанций пока не находит никакого отражения. По мнению специалистов создание территориально-производственных комплексов обеспечивает экономию в размере 10 — 12% суммарных капиталовложений и ежегодных издержек по территориально-производственному комплексу в целом. Основными составляющими этой экономии являются комбинирование и кооперирование производств, а также комплексное использование объектов инфраструктуры и трудовых ресурсов. К последним двум составляющим, как было показано выше, гидроэнергостроительство имеет прямое отношение.

Немаловажную роль играет гидроэнергостроительство в Сибири и на Дальнем Востоке в решении проблемы рационального размещения производительных сил страны. Специфические условия этого региона, в частности высокая обеспеченность энергетическими и водными ресурсами, обуславливают его роль в общесоюзной специализации как района размещения здесь энергоемких и водоемких производств. Важнейшее место среди электроемких производств занимает производство алюминия, ферросплавов, химических волокон. К крупнейшим водоемким отраслям промышленности относятся деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная, химическая.

Алюминиевое производство характеризуется непрерывностью технологического процесса. Значение показателя использования максимума электрической нагрузки

в нем очень высоко и составляет 7400 — 7600 ч в год. Алюминиевый завод нуждается в мощном источнике энергоснабжения. Так, завод, имеющий годовую производительность, равную 470 тыс. т алюминия, требует более 8 млрд. кВт·ч электроэнергии в год и 1,1 млн. кВт электрической мощности.

Основной фактор, определяющий размещение алюминиевого производства, — электроэнергетический. На каждую тонну продукции расходуется около 3 т сырья, в том числе 1,9 — 2 т глинозема и 0,7 т анодной массы. В то же время для производства электроэнергии, расходуемой на получение 1 т алюминия, необходимо в среднем примерно 7 т условного топлива. С учетом сравнительно низкой калорийности натурального топлива (например, калорийность канско-ачинского угля составляет 3100 — 3700 против 7000 ккал/кг условного топлива) на производство тонны алюминия тратится до 15 т угля, т. е. в 5 — 7 раз больше, чем глинозем и анодной массы. Поэтому, очевидно, более выгодно завозить глинозем к местам производства дешевой электроэнергии, чем передавать электроэнергию или завозить топливо к местам производства глинозема. Это обуславливает целесообразность размещения новых алюминиевых заводов преимущественно в Центральной Сибири.

Заводы по выплавке ферросплавов также тяготеют к местам производства дешевой электроэнергии. Средний суммарный расход энергии на 1 т продукции составляет около 10 Гкал. При этом расходуется электроэнергия 6500 — 7000 кВт·ч, тепла (пара) — 0,2 т, технологического топлива (кокс) — 0,7 т.

Производство ферросплавов также характеризуется непрерывностью производственных процессов, число часов использования максимума электрической нагрузки составляет 7800. В целом экономические расчеты показывают, что сокращение приведенных затрат в производство 1 кВт·ч электроэнергии на 0,1 коп. оправдывает завоз сырья для ферросплавных заводов в зависимости от норм потребления электроэнергии на 500 — 3000 км.

К энергоемким производствам относятся и предприятия по изготовлению химических волокон, которые тоже должны размещаться в районах добычи дешевого топлива и производства дешевой электроэнергии. В перспективный период должны быть осуществлены заметные перемещения и этой отрасли в районы Сибири.

Возможность комплексного использования речного стока при эксплуатации водохранилищ гидроэлектростанций является существенным фактором, притягивающим к ним водоемкие отрасли промышленности. Несмотря на обилие водных ресурсов в районах Сибири и Дальнего Востока, снабжение крупных потребителей водой для производственно-технологических нужд представляет сложную задачу из-за специфических условий формирования и внутригодового распределения стока. Размещение территориально-производственных комплексов в районах гидроэлектростанций с крупными водохранилищами обеспечивает условия надежного водоснабжения.

Таким образом, положительное влияние гидроэнергостроительства в Сибири и на Дальнем Востоке на размещение производительных сил очевидно, однако в конкретных расчетах экономической эффективности количественно оценить этот фактор пока не представляется возможным. Вместе с тем его следует иметь в виду при разработке программ экономического развития страны.

Количественная оценка экономической эффективности отдельных объектов и программ гидроэнергостроительства в целом производится сопоставлением связанных с этим затрат финансовых, материальных и трудовых ресурсов с соответствующими затратами в альтернативном варианте, обеспечивающем одинаковый эффект в народном хозяйстве.

Для наглядности экономическую эффективность гидроэлектростанций Сибири и Дальнего Востока можно частично характеризовать общепринятыми показателями удельных капиталовложений и себестоимости производства электроэнергии в сравнении с аналогичными показателями гидроэлектростанций в других районах страны и альтернативных тепловых станций, расположенных в восточных районах страны.

Показатель удельных капиталовложений применяется для экономических характеристик предприятий в различных отраслях народного хозяйства. В гидроэнергетике наиболее распространены две характеристики — удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности и удельные капиталовложения на 1 кВт·ч среднесуточной выработки электроэнергии.

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что удельные капиталовложения на установленный 1 кВт

на гидроэлектростанциях Сибири в 2,5 — 3,5 раза ниже, чем на гидроэлектростанциях европейских районов страны, а удельные капиталовложения на 1 кВт·ч выработки электроэнергии соответственно ниже в 2 — 5 раз. Для тепловых электростанций, работающих на экибастузском и канско-ачинском углях, удельные капиталовложения без затрат на топливо составляют 155—170 руб. на 1 кВт их установленной мощности и 2,6—2,8 коп. на 1 кВт·ч выработки электроэнергии при 6000 ч их использования в год.

Для тепловых электростанций Забайкалья аналогичные показатели составляют соответственно 200—220 руб./кВт и 3,3—3,6 коп./кВт·ч. Таким образом, удельные капиталовложения на Братской ГЭС и на 1 кВт установленной мощности, и на 1 кВт·ч выработки электроэнергии меньше, чем на тепловой электростанции, даже без учета капиталовложений в ее топливную базу.

Другой важнейший экономический показатель, характеризующий ежегодные издержки производства на из-

Удельные капиталовложения по ряду крупных гидроэлектростанций Сибири и европейских районов страны

Район	Гидро электростанци	Установленная мощность, МВт	Выработка энергии, млрд. кВт·ч	Число часов использования	Удельные капиталовложения	
					руб/кВт	коп/(кВт·ч)
Сибирь	Красноярская имени 50-летия СССР	6000	20,4	3500	94,2	2,8
	Братская имени 50-летия Великого Октября	4500	22,7	5500	144	2,4
	Иркутская	660	4,1	6200	192	3,1
Европейская часть СССР	Волжская имени XXII съезда КПСС	2541	11,1	4360	220	5,0
	Волжская имени В. И. Ленина	2300	11,0	4800	300	6,3
	Кременчугская имени 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции	625	1,5	3680	332	9,0
	Горьковская	520	1,51	2900	340	11,7

готовление единицы продукции,— показатель себестоимости выработанной электроэнергии. В основных фондах гидроэлектростанций преобладают долговременно эксплуатируемые сооружения — массивные здания, земляные, бетонные и железобетонные конструкции. Это обуславливает низкий процент амортизационных отчислений. Затраты труда на эксплуатацию гидроэлектростанций связаны в основном лишь с ремонтом и наблюдением за работой машин и сооружений при малом расходовании материалов. Здесь высок уровень механизации и автоматизации производства и в соответствии с этим высока производительность труда. Все это определяет низкую себестоимость электроэнергии на гидроэлектростанциях, особенно на сибирских. Отсутствие топливной составляющей и более низкий процент амортизационных отчислений приводят к тому, что себестоимость электроэнергии на гидроэлектростанциях существенно ниже, чем на тепловых электростанциях. Как уже отмечалось, себестоимость энергии сибирских гидроэлектростанций в 1,5—3 раза ниже себестоимости энергии ГЭС в европейской части страны и в 15—10 раз ниже себестоимости энергии тепловых электростанций в Сибири.

Аналогичное соотношение складывается и на Дальнем Востоке. Себестоимость энергии строящейся Зейской ГЭС 0,11 коп/(кВт·ч), а проектируемой Бурейской ГЭС 0,15 коп/(кВт·ч). В то же время себестоимость энергии на конденсационных электростанциях Дальнего Востока составляет 0,5—2,4 коп/(кВт·ч), т. е. значительно выше себестоимости энергии гидроэлектростанций.

Вместе с тем следует особо подчеркнуть, что показатель себестоимости продукции не может в полной мере отразить эффект от повышения производительности труда. В этом показателе, так же как в годовых издержках производства, используемых в экономических расчетах, уменьшение численности рабочих отражается только на величине расходов на заработную плату. При этом никак не учитывается то обстоятельство, что высвободившиеся при повышении производительности труда трудовые ресурсы при использовании их на других объектах, в других отраслях народного хозяйства в конечном итоге дадут прирост национального дохода.

Экономия трудовых ресурсов, обеспечиваемая гидроэлектростанциями за счет высокой производительности

труда, отсутствия необходимости создания и эксплуатации топливной базы, особенно важна в связи с тем, что в ближайшие десятилетия имеются лишь весьма ограниченные возможности для привлечения рабочей силы в промышленность и строительство. Это объясняется рядом причин, в частности увеличением числа занятых в непроизводственной сфере и учащихся, резким ограничением возможностей привлечения в промышленность и строительство трудоспособного населения из деревни и домашнего хозяйства.

В районах Сибири и Дальнего Востока экономия трудовых ресурсов, обеспечиваемая гидроэнергостроительством, еще важна и потому, что она приводит к экономии трудовых ресурсов и в сфере обслуживания — жилищном и коммунальном хозяйстве, в торговле, в общественном питании.

Численность людей, занятых на эксплуатации электростанций, характеризуется величиной штатного коэффициента, т. е. количеством промышленно-производственного, административного и вспомогательного персо-

Себестоимость производства электроэнергии на гидравлических и тепловых электростанциях, коп/(кВт·ч)

Электростанция	Установленная мощность, МВт	Годы					
		1971	1972	1973	1974	1975	1976
Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября	4500	0,054	0,053	0,052	0,046	0,032	0,055
Красноярская ГЭС имени 50-летия СССР	6000	0,088	0,079	0,072	0,099	0,084	0,082
Иркутская ГЭС	660	0,057	0,073	0,064	0,056	0,073	0,068
Волжская ГЭС имени В. И. Ленина	2300	0,095	0,108	0,147	0,094	0,151	0,133
Волжская ГЭС имени XXII съезда КПСС	2541	0,094	0,100	0,122	0,078	0,126	0,118
Камская ГЭС	504	0,125	0,133	0,145	0,146	0,186	0,169
Томь-Усинская ГРЭС	1300	0,537	0,502	0,518	0,510	0,527	0,548
Беловская ГРЭС	1200	0,564	0,527	0,518	0,480	0,480	0,490
Назаровская ГРЭС	1400	0,425	0,377	0,343	0,330	0,337	0,329
Красноярская ГРЭС-2	980	0,372	0,371	0,368	0,361	0,395	0,375
Иркутская ТЭЦ-10	1150	0,366	0,362	0,351	0,361	0,380	0,375

нала, приходящегося на 1 тыс. кВт установленной мощности. Штатный коэффициент зависит от мощности, числа агрегатов на станции и степени автоматизации.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что штатный коэффициент на крупных сибирских гидроэлектростанциях в 1,5—2 раза ниже, чем на наиболее крупных гидроэлектростанциях европейской части страны, и в 6—9 раз ниже, чем на современных тепловых электростанциях Сибири. Если к тому же учесть количество трудящихся, занятых на добыче и транспортировке топлива для обеспечения работы тепловых электростанций, то численность эксплуатационного персонала на гидроэлектростанциях Сибири и Дальнего Востока окажется в 10 раз ниже, чем на альтернативных тепловых электростанциях вместе с топливной базой.

Помимо эффекта от использования освобождающихся трудовых ресурсов в других отраслях народного хозяйства следует также учитывать, что перебазирование трудящихся в восточные районы (в случае отказа от гидроэнергостроительства) потребовало бы значительных дополнительных затрат по сравнению с использованием этого контингента в европейских районах страны. По имеющимся оценкам дополнительные затраты на

Штатные коэффициенты на электростанциях в 1976 г., чел/МВт

Электростанция	Установленная мощность на 1.1.77 г.	Штатный коэффициент
Красноярская ГЭС имени 50-летия СССР	6000	0,12
Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября	4100	0,16
Иркутская	662	0,35
Волжская ГЭС имени В. И. Ленина	2300	0,21
Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина	650,6	0,22
Волжская ГЭС имени XXII съезда КПСС	2541	0,24
Воткинская ГЭС	1000	0,30
Саратовская ГЭС имени Ленинского комсомола	1360	0,33
Беловская ГРЭС	1200	0,96
Томь-Усинская ГРЭС	1300	1,02
Назаровская ГРЭС	1400	1,06

«освоение» 1 человека в районах Восточной Сибири и Крайнего Севера с учетом создания необходимой социальной инфраструктуры составляют по капиталовложениям 15—30 тыс. руб. и по годовым издержкам 2—3,5 тыс. руб.

Таким образом, на каждом миллионе киловатт мощности гидроэлектростанций в Восточной Сибири и на Крайнем Севере экономится в народном хозяйстве примерно 12—25 млн. руб. капиталовложений и 1,7—3 млн. руб. годовых издержек.

Гидротехническое строительство и связанное с ним зарегулирование стока рек существенно улучшают условия судоходства на Оби, Енисее, Лене и Амуре, позволяют создать новый транзитный водный путь по Ангаре и глубоководный подход к Кузнецкому угольному бассейну по Томи. Хотя в обозримой перспективе и нет народнохозяйственных предпосылок для объединения сети внутренних водных путей Сибири и соединения их с водными путями европейской части СССР, но в последующем такое объединение может стать экономически оправданным.

Положительные факторы создания водохранилищ для речного транспорта в районах Сибири и Дальнего Востока очевидны. Себестоимости перевозок грузов по водохранилищам в зависимости от увеличения гарантированных глубин по сравнению с себестоимостью перевозок по реке в естественном состоянии уменьшаются в 1,5—5 раз, а капиталовложения в речной транспорт — в 1,2—3 раза. Таким образом, комплексное гидростроительство на крупных судоходных реках — наиболее экономичный способ коренного улучшения и развития внутренних водных путей в районах Сибири и Дальнего Востока.

При этом, естественно, не следует забывать, что требования к режиму работы гидроэлектростанции со стороны водного транспорта, как правило, не совпадают с требованиями энергетической системы. Водный транспорт, использующий для навигации теплый период года, требует поддержания соответствующих глубин в реке, главным образом летом. Это приводит к необходимости сбрасывать часть емкости водохранилищ в этот период года. С точки зрения энергетической системы, наоборот, летом следует сохранять воду в водохранилищах гидроэлектростанций с тем, чтобы зимой, когда нагрузка и

электропотребление достигнут максимума, повысить энергоотдачу гидроэлектростанции за счет сработки запасенной летом в водохранилищах воды. Помимо требований к поддержанию необходимых глубин в нижнем бьефе гидроэлектростанции, что находит отражение в организации специальных базисных попусков воды из водохранилищ, водный транспорт накладывает определенные ограничения на проведение суточного, недельного и месячного регулирования стока, применяемого для повышения используемой в энергетической системе мощности гидроэлектростанций.

Противоречия требований энергетики и водного транспорта, которые в конечном итоге несколько снижают эффект в этих отраслях при комплексном использовании стока, имеют место главным образом при строительстве отдельно стоящих гидроэлектростанций, нижний бьеф которых не имеет подпора от нижерасположенной плотины. В настоящее время эти требования водного транспорта находят отражение в правилах эксплуатации таких гидроэлектростанций, как Новосибирская, Красноярская имени 50-летия СССР и Усть-Илимская имени Ленинского комсомола. Так, на Новосибирской ГЭС обязательный среднесуточный расход воды в нижнем бьефе гидроэлектростанции по условиям водного транспорта в навигационный период должен составлять $1300 \text{ м}^3/\text{с}$ при обеспечении минимального расхода воды не менее $1200 \text{ м}^3/\text{с}$. Минимальный расход воды в нижнем бьефе Красноярской ГЭС имени 50-летия СССР по требованиям водного транспорта должен составлять $2500 \text{ м}^3/\text{с}$. Правила эксплуатации водохранилища Усть-Илимской ГЭС имени Ленинского комсомола для удовлетворения требований водного транспорта впредь до сооружения плотины Богучанской ГЭС предусматривают обязательные попуски для компенсации боковой приточности между Усть-Илимом и Богучанами, обеспечивающие минимальные расходы воды в створе Богучан в размере $3050\text{—}3200 \text{ м}^3/\text{с}$. Кроме того, к водохранилищам Красноярской ГЭС имени 50-летия СССР и Усть-Илимской ГЭС имени Ленинского комсомола предъявляется требование обеспечивать в навигационный период расходы воды в Енисее ниже впадения Ангары не менее $7000 \text{ м}^3/\text{с}$ с возможным их уменьшением до $6200 \text{ м}^3/\text{с}$ к концу этого периода. Таким образом, водохранилища этих гидроэлектростанций улучшают условия судоход-

ства на Ангаре и Енисее на участках значительной протяженности, исчисляемой сотнями километров.

Приведенные примеры достаточно ярко иллюстрируют принцип комплексности использования рек Сибири при осуществлении на них гидроэнергетического строительства, направленный на рациональное использование водных ресурсов в интересах нескольких отраслей народного хозяйства. Освоение гидроэнергетических ресурсов Сибири, как правило, способствует и более широкому использованию богатых лесных ресурсов этого края. Водоохранилища увеличивают возможности сплава леса и позволяют осваивать новые, не доступные до постройки гидроэлектростанций лесные районы.

Значение водоохранилищ Дальнего Востока для борьбы с наводнениями хорошо видно на примере водоохранилища Зейской ГЭС, крупнейшем притоке Амура. Катастрофические паводки причиняют большие ущербы народному хозяйству Амурской области. Малые наводнения в поймах рек Зеи и Амура наблюдаются почти ежегодно, средние — через год, сильные — раз в 3—7 лет и катастрофические — один раз в 7—14 лет.

Сооружение Зейского гидроузла оказалось наиболее эффективным вариантом борьбы с наводнениями в бассейне Зеи. Проведенные расчеты показывают, что среднегодовой ущерб от наводнений в бассейне Зеи уменьшится в 3 раза. Для полной ликвидации наводнений в бассейне Амура необходимо создать регулирующие водоохранилища также на Амуре, Селемдже, Буре, Имане, Бикине, Хоре, Улахе. Кроме того, зарегулирование стока Амура и его притоков высвободит для сельскохозяйственного использования более 1 млн. га ценных земель.

И, наконец, водоохранилища гидроэлектростанций оказывают положительное влияние на развитие индустрии отдыха и туризма в нашей стране.

Социальная структура советского общества, изменение форм быта и труда в процессе социального развития, повышение уровня образования, культуры и благосостояния населения придают проблеме отдыха большое государственное значение.

Рассмотрение данных о состоянии сети профсоюзных здравниц показывает, что в размещении их установилась явная неравномерность, связанная со средоточением в нескольких курортных районах, таких, как Кавказ, Крым, Кавказские Минеральные Воды. В сглаживании указан-

ных диспропорций положительную роль сыграли водохранилища, создаваемые на реках европейской части территории страны вблизи крупных и средних городов.

Особенно возрастает роль водохранилищ в районах, удаленных от популярных курортов страны. Так, строительство водохранилищ на крупных речных артериях Сибири и Дальнего Востока с созданием на их берегах зон отдыха приблизит индустрию отдыха и туризма к потребителю. Водоохранилище с его обширными водными пространствами, живописными берегами и благоприятными климатическими условиями может стать местом основного строительства здравниц в этих районах. Например, созданное на Оби Новосибирское водохранилище уже стало любимым местом отдыха жителей этого крупного центра Сибири.

Неблагоприятным фактором воздействия водохранилищ гидроэлектростанций на окружающую среду является затопление земель, особенно сельскохозяйственных. Вместе с тем при большой энергоотдаче гидроэлектростанций относительные площади затопления у построенных и намеченных к созданию в перспективе водохранилищ

Затопление земель водохранилищами действующих и строящихся гидроэлектростанций

Район	га/млн. кВт·ч		га/млн. м ³	
	Всего	В том числе сельхозугодий	Всего	В том числе сельхозугодий
Сибирь и Дальний Восток	13	4,2	8,0	2,6
Европейская часть СССР	61	29	18,0	8,3
СССР в целом	20	10,5	9,2	4,9

Структура затопляемых земель, %

Затопляемые земли	Водоохранилище	
	Куйбышевское	Ератское
Пашня	13,7	0,5
Сенокосы	32,9	3,0
Выгоны и пастбища	8,5	0,5
Леса и кустарники	32,6	76,0
Прочие	12,3	20,0

лиц Сибири и Дальнего Востока значительно меньше, чем у водохранилищ, построенных в европейских районах СССР. Следует отметить также, что в Сибири и на Дальнем Востоке по сравнению с районами европейской части страны меньше абсолютные и относительные размеры затопления наиболее ценных сельскохозяйственных земель.

Такие же выводы получаются, если сравнить затопления по бассейнам отдельных рек Сибири и европейской части страны. Так, затопление земель из расчета на 1 млн. кВт·ч годовой выработки электроэнергии при создании Днепровского и Волжско-Камского каскадов составляют от 50 до 200 га, по Ангаро-Енисейскому каскаду — около 15 га, т. е. в 3—15 раз меньше.

Структура затопляемых сельскохозяйственных земель в районах Сибири и европейской части страны также существенно различна. В Сибири в зонах затоплений водохранилищами гидроэлектростанций преобладают леса и кустарники, в то время как в европейской части страны значительно больший удельный вес занимают пашни, сенокосы, выгоны и пастбища.

В целом, характеризуя экономическую эффективность гидроэнергетического строительства в восточных районах страны, можно с уверенностью сказать, что гидроэнергетика Сибири и Дальнего Востока является необходимым элементом плана экономического развития этих районов. Гидроэлектростанции обеспечивают значительную экономию природных, материальных, финансовых и трудовых ресурсов и тем самым полностью отвечают требованиям взятого Коммунистической партией Советского Союза курса на всемерное повышение эффективности производства и качества работы. Комплексное использование гидроресурсов Восточной Сибири на основе строительства мощных гидроэлектростанций стало энергетическим ключом к богатейшим природным кладовым этого региона. В ближайшей перспективе гидроэнергетике Сибири предстоит сыграть огромную роль в решении важнейших народнохозяйственных задач построения материально-технической базы коммунизма в нашей стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Материалы XXV съезда КПСС.** М.: Политиздат, 1976.
2. **Поездка Леонида Ильича Брежнева по Сибири и Дальнему Востоку.** Март-апрель 1978 г. М.: Политиздат, 1978.
3. **Авакян А. Б., Шаралов В. А.** Водохранилища гидроэлектростанций СССР. М.: Энергия, 1977.
4. **Бабурин Б. Л., Файн И. И.** Экономическое обоснование гидростроительства. М.: Энергия, 1975.
5. **Байкало-Амурская магистраль.** — Вопросы географии, сб. 105. М.: Мысль, 1977.
6. **Бесчинский А. А., Коган Ю. М.** Экономические проблемы электрификации. М.: Энергия, 1976.
7. **Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР.** Под ред. П. С. Непорожного. М.: Энергия, 1970.
8. **Жимерин Д. Г.** Проблемы развития энергетики. М.: Энергия, 1978.
9. **Медведкова Э. А.** Капитальное строительство и строительная индустрия. — В кн.: Среднее Приангарье. Иркутск: 1976.
10. **Некрасов Н. Н.** Региональная экономика. М.: Экономика, 1975.
11. **Новые территориальные комплексы СССР.** М.: Мысль, 1977.
12. **План электрификации РСФСР.** Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России. М.: Госполитиздат, 1955.
13. **50 лет Ленинского плана ГОЭЛРО.** Под общ. ред. П. С. Непорожного. М.: Энергия, 1970.
14. **Развитие народного хозяйства союзных республик и экономических районов/** В. С. Варламов, С. П. Иванов, Н. Н. Казанский, П. Е. Семенов. — М.: Экономика, 1976.
15. **Шелест В. А.** Региональные энергоэкономические проблемы СССР. М.: Наука, 1975.
16. **Шнипер Р.** Народнохозяйственные проблемы Сибири в свете решений XXV съезда КПСС. — Экономические науки, 1977, № 2.
17. **Экономические проблемы развития Сибири.** Методологические проблемы развития и размещения производительных сил. Новосибирск: Наука, 1974.
18. **Электрификация СССР (1967—1977 гг.).** Под общ. ред. П. С. Непорожного. М.: Энергия, 1977.
19. **Энергетика СССР в 1976—1980 гг.** Под ред. А. М. Некрасова и М. Г. Первухина М.: Энергия, 1977.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
I. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ	10
Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября	15
Усть-Илимская ГЭС имени Ленинского комсомола	31
Богучанская ГЭС	43
Красноярская ГЭС имени 50-летия СССР	55
Саяно-Шушенская ГЭС	64
II. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	77
Колымская ГЭС	79
Зейская ГЭС	90
III. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	98
Ангаро-Енисейский бассейн	103
Бассейны рек Лены и Колымы	114
Бассейны рек Зеи и Буреи	124
Бассейн Оби	127
IV. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА	132
Список литературы	150

НЕПОРОЖНИЙ ПЕТР СТЕПАНОВИЧ

**ГИДРОЭНЕРГЕТИКА СИБИРИ
И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Редактор А. Н. Ковалев
Редактор издательства О. А. Прудовская
Оформление художника И. Е. Сайко
Художественный редактор Е. Л. Зайцева
Технический редактор Г. Г. Самсонова
Корректор М. Г. Гулина
ИБ № 2717

Сдано в набор 25. 03. 79 Подписано в печать 05.11.79
Т-17371 Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 1
Гарн. шрифта литературная Печать высокая Усл. печ. л.
7,98 Уч.-изд. л. 8,26 Тираж 3000 экз. Заказ 194
Цена 50 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114,
Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам изда-
тельств, полиграфии и книжной торговли. 113114,
Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

«...Задача состоит в том, чтобы и дальше наращивать на Востоке страны добычу угля, нефти, газа, ... полнее использовать огромные гидроэнергетические ресурсы этих районов для развития алюминиевой, целлюлозной, нефтехимической и других отраслей промышленности.»

Об итогах поездки
Л. И. Брежнева
в районы Сибири
и Дальнего Востока

