

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА
И КОМПЛЕКСНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
СССР



АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

Руководитель коллектива П. С. Непорожний

**Б. Л. Бабурин
Р. И. Бобров
Г. М. Вайнштейн
Г. Г. Гангардт
А. С. Диденко
В. С. Замахаев
М. М. Лапшин
С. Л. Озиранский
М. Ф. Складнев
В. Ю. Стеклов
И. А. Терман
И. И. Файн**

МОСКВА

1970

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА И КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СССР

**Под общей редакцией
доктора техн. наук,
профессора П. С. НЕПОРОЖНЕГО**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
• ЭНЕРГИЯ •**

Редакционная коллегия

П. С. Непорожний

А. А. Боровой

С. П. Розанов

И. Л. Сапир

М. Ф. Складнев

В. Ю. Стеклов



Получено в редакцию
Допущено к печати
Редактор П. С. Непорожний

А. А. Боровой

С. П. Розанов

И. Л. Сапир

М. Ф. Складнев

В. Ю. Стеклов

П. С. Непорожний

А. А. Боровой

С. П. Розанов

И. Л. Сапир

М. Ф. Складнев

В. Ю. Стеклов

П. С. Непорожний



НАДАРУЮЩИЙ

• АНТИНА •

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Советском Союзе проводятся большие работы по планомерному использованию водных ресурсов в интересах всех отраслей народного хозяйства.

Начиная с первых лет осуществления ленинского плана ГОЭЛРО, ведущая, организующая роль в комплексном использовании водных ресурсов принадлежала гидроэнергетике. Уже первые гидроэлектростанции, построенные по этому плану, — Волховская, Днепровская имени В. И. Ленина, Нижне-Свирская — явились примером комплексного подхода к использованию водных ресурсов, одновременно в интересах энергетики, водного транспорта, водоснабжения населенных пунктов и промышленности.

Научно-исследовательские, проектные, строительные и монтажные организации нынешнего Министерства энергетики и электрификации СССР накопили огромный опыт в проектировании и сооружении крупных комплексных гидроузлов и водных систем, таких как Куйбышевский, Волгоградский, Мингечаурский и другие гидроузлы, Волго-Донской водный путь, энерго-ирригационные системы в Средней Азии — Фархадская, Чирчик-Бозсуйская, Кайраккумская и другие, водопроводно-ирригационная система Иртыш — Караганда. Министерство энергетики и электрификации СССР в сотрудничестве с заинтересованными министерствами и ведомствами — Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, Министерством сельского хозяйства СССР, Министерством речного флота РСФСР и другими — провело большие научно-исследовательские и проектные работы по созданию рациональных схем комплексного использования водных ресурсов страны в целом и ее важнейших районов.

Особенно возрастает значение этих работ в связи с постановлением июльского (1970 г.) Пленума ЦК КПСС «Очередные задачи партии в области сельского хозяйства», в котором подчеркивается «огромное народнохозяйственное значение развития мелиорации земель». В предстоящем пятилетии предусматривается выполнение большой программы мелиоративных работ, в том числе ввод в действие 3 млн. га новых орошаемых земель, осу-

ществление мероприятий по повышению водообеспеченности оросительных систем, увеличение темпов водохозяйственного строительства в районах хлопкосеяния.

Подведению итогов работ по исследованию и проектированию комплексного использования водных ресурсов, созданию крупных гидроузлов и водохозяйственных систем комплексного назначения, по развитию гидроэнергетики в СССР, а также ближайшему будущему использования водных ресурсов и гидроэнергетики посвящена предлагаемая вниманию читателя книга «Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР».

Книга будет состоять из двух томов.

Настоящий том содержит введение о роли воды и гидроэнергии в развитии производительных сил общества, краткую историю гидроэнергетики СССР — организующего фактора комплексного использования водных ресурсов в стране, оценку водных и гидроэнергетических ресурсов; подробно рассматриваются вопросы комплексного использования и охраны водных ресурсов — состояние и перспективы, а также роль гидроэлектростанций в современном развитии энергетики. В заключение излагаются задачи науки в области гидроэнергетики и комплексного использования водных ресурсов. В приложении приводятся основные параметры крупных действующих и строящихся гидроэлектростанций СССР с указанием их комплексного значения для народного хозяйства.

Во втором томе будут подробно рассмотрены гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов, современное состояние их проектирования и исследований в СССР, перспективы развития их конструкций.

Книга может быть полезна широкому кругу читателей, работающих в области энергетики и водного хозяйства, а также преподавателям и студентам старших курсов гидротехнических и водохозяйственных факультетов высших учебных заведений.

В создании книги принимали участие сотрудники Всесоюзного института Гидропроект имени С. Я. Жука, Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники имени Б. Е. Веденеева и Центра научно-технической информации по энергетике и электрификации «Информэнерго».

Инженерно-методическое руководство при написании основных глав книги осуществили инженеры Г. Г. Гангардт (глава третья) и И. А. Терман (глава четвертая).

Научно-организационную работу по подготовке данной книги выполнил инж. Г. М. Вайнштейн. Много ценных предложений по улучшению содержания книги внес рецензент инж. А. В. Сухоцкий.

ВВЕДЕНИЕ

Роль воды и водной энергии в развитии производительных сил общества

Роль воды и водной энергии в развитии производительных сил современного общества трудно переоценить.

Еще в семидесятых годах прошлого века Ф. Энгельс писал: «Первая потребность паровой машины и главная потребность почти всех отраслей крупной промышленности — это наличие сравнительно чистой воды»¹.

С тех пор проблема чистой воды стала одной из важнейших проблем развития производительных сил. Особенно быстро возрастала роль водных ресурсов в промышленном и сельскохозяйственном производстве за последние два десятилетия.

Современное производство связано с самым широким использованием воды в качестве парообразователя, растворителя, промывочного средства, теплоносителя и охладителя. Пресная вода во все возрастающих масштабах используется для орошения сельскохозяйственных земель, для коммунально-бытовых нужд городов и других населенных пунктов. Кроме того, движущаяся вода — наиболее экономичный, возобновляемый самой природой источник получения электрической энергии.

Если в период промышленной революции основным источником механизации труда была сила пара, то сейчас, в эпоху современной научно-технической революции, на первый план выдвинулась электрическая энергия — самая универсальная и удобная для использования форма энергии. Она является основой экономического и технического прогресса в современном мире.

В середине прошлого века, когда электричество делало первые практические шаги, К. Маркс увидел его великую будущность. В 1850 г. в беседе с В. Либкнехтом он отметил, что «...Царствование его величества пара, перевернувшего мир в

¹ Ф. Энгельс, «Анти-Дюринг», Госполитиздат, 1966, с. 300.

прошлом столетии, окончилось; на его место станет неизмеримо более революционная сила — электрическая искра»¹.

Электроэнергетика в настоящее время занимает одну четверть общего потребления энергоресурсов. Остальные три четверти энергоресурсов расходуются для получения промышленного и бытового тепла, на транспорте и, наконец, в виде химических компонентов металлургических и химических процессов. В последнее время в мире происходит процесс ускоренного развития электроэнергетики по сравнению с общим ростом использования энергоресурсов. Если удвоение потребления энергоресурсов происходит примерно за 25 лет, то удвоение выработки электроэнергии происходит в среднем за 10 лет. Это означает, что все большее количество процессов, связанных с расходом энергоресурсов, электрифицируется.

Широкая электрификация производственных процессов и транспорта, огромное развитие электроемких процессов в металлургии, значительное увеличение удельного веса электрохимических производств, возрастающий уровень электрификации сельскохозяйственного производства, а также коммунального хозяйства и быта населения, — все вместе взятое является яркой иллюстрацией глобального внедрения электроэнергии в современное производство и быт населения. А это в свою очередь приводит к значительно более эффективному размещению производительных сил по территории страны.

Одним из наиболее дешевых источников получения электроэнергии является водная энергия.

Гидравлические электростанции, использующие богатейшие водноэнергетические ресурсы мира, занимают в современной энергетике важное место. Доля их в мировом производстве электроэнергии составила в 1967 г. 26,2% (в Европе более 30%). В ряде стран, бедных топливными ресурсами, доля гидроэлектростанций превышает 50% общей выработки электроэнергии.

Общая мощность гидроэлектростанций мира на конец 1967 г. оценивалась в 241,2 млн. кВт. Производство электроэнергии на них за период 1962—1967 гг. возросло с 733 до 992 млрд. кВт·ч. Использование экономического гидропотенциала приблизительно оценивалось на конец 1967 г. в целом во всем мире в размере 9%, в том числе в Европе (без СССР) — 50%.

Во многих странах, включая и те, в которых экономический гидропотенциал в значительной мере использован (США, Канада, Япония, Франция и др.), продолжается и намечается в перспективе строительство гидроэлектростанций.

С уверенностью можно считать, что в ближайшие 20 лет будет продолжаться довольно интенсивное гидроэнергостроительство и величина абсолютного производства гидроэлектроэнер-

¹ «Воспоминания о Марксе и Энгельсе», Госполитиздат, 1956, с. 91.

гии будет неизменно возрастать, хотя доля гидроэлектростанций в общем мировом производстве электроэнергии будет (и прежде всего за счет увеличения преобразования атомной энергии в электрическую) снижаться.

Гидроэлектростанции СССР в 1969 г. выработали 115,2 млрд. кВт·ч электроэнергии. Доля гидроэлектроэнергии в общем производстве электроэнергии в стране составила 16,7%. Однако в ряде районов страны — Северо-Запад, Карелия, Кольский полуостров, Северный Кавказ и Закавказье, Центральная Сибирь — гидроэлектростанции являются основным источником электроэнергии. Например, доля гидроэлектроэнергии в ОЭС Центральной Сибири составляла в 1969 г. и будет сохраняться в ближайшей перспективе около 50%.

Но дело не только и не столько в количестве электроэнергии, вырабатываемой на гидроэлектростанциях, но и в ее качестве.

В условиях широкого развития тепловой и атомной электроэнергетики, когда на электростанциях в основном устанавливаются крупные блоки, работающие на закритических параметрах пара, все в большей степени возрастает роль гидроэлектростанций (включая сюда и гидроаккумулирующие электростанции) как регулирующих мощностей, которые призваны покрывать пики и заполнять провалы графиков нагрузки энергетических систем.

В связи с передачей гидроэлектростанциям функций снятия пиков наблюдается тенденция увеличения установленной мощности отдельных ГЭС. В настоящее время в мире действуют и строятся более сорока гидроэлектростанций мощностью один миллион киловатт и более, в том числе в СССР — 15.

Гидроэлектростанции превратились в наиболее развитые предприятия современной энергетики и прочно занимают первенство по концентрации мощности в одной установке.

Высокая маневренность оборудования, высокий коэффициент использования первичных энергоресурсов, возможность полной автоматизации и телемеханизации, весьма благоприятные условия труда для обслуживающего персонала, отсутствие отрицательных воздействий на атмосферу и водную среду выдвигают гидроэлектростанции в образцовые промышленные предприятия эпохи современной научно-технической революции.

Значение развития гидроэнергетики в СССР заключается не только в том, что гидроэлектростанции являются необходимым звеном энергетической базы страны, обеспечивающим производство самой дешевой электроэнергии и устойчивую работу энергетических систем. Как известно, В. И. Ленин отмечал особую роль гидроэнергетики в рациональном размещении производительных сил: «...Промышленность тоже расселяется по стране, ибо и ей нужна чистая вода. Эксплуатация водопадов, каналов

и рек для получения электрической энергии даст новый толчок этому «рассеянию промышленности»¹.

Наличие дешевой гидроэлектроэнергии побуждает к размещению в районах влияния гидроэлектростанций энергоемкой промышленности. Водохранилища ГЭС, являясь надежными источниками водоснабжения, позволяют размещать производства с большим потреблением воды.

Гидроэлектростанции часто играют пионерную роль в развитии перспективных, но удаленных от крупных городов районов. Создаваемые для строительства ГЭС мощные производственные базы, подъездные пути и поселки, которые, как правило, превращаются в благоустроенные города, — все это в сочетании с местными сырьевыми ресурсами создает предпосылки для развития экономики в прошлом малоразвитых районов. Так было при сооружении Волжских ГЭС имени В. И. Ленина, имени XXII съезда КПСС, Братской имени 50-летия Великого Октября, Каховской и многих других гидроэлектростанций. Так будет и в результате сооружения Саяно-Шушенской, Усть-Илимской, Нурекской, Токтогульской, Зейской и других ГЭС.

Развитие гидроэнергетики всегда способствует более равномерному распределению производительных сил по территории страны, что является одним из важнейших условий создания прочной материально-технической базы коммунистического общества.

Развитие гидроэнергетики характеризуется строительством каскадов гидроэлектростанций и отдельных крупных наиболее экономичных станций. Сооружение каскадов ГЭС создает основу формирования системы глубоководных внутренних водных путей. Создание крупных водохранилищ повышает техническую возможность использования водных ресурсов для орошения сельскохозяйственных земель и водоснабжения промышленности и населенных пунктов.

Таким образом, развитие гидроэнергетики в СССР явилось организующим фактором комплексного использования гидроресурсов страны.

Для многих речных бассейнов комплексное использование водных ресурсов стало главной особенностью гидроэнергетического строительства. Теперь около 30% эксплуатируемых гидроузлов являются многоотраслевыми. Среди строящихся и проектируемых гидроузлов комплексных 50%.

В ближайшей перспективе комплексное использование и охрана водных ресурсов в СССР вырастут в одну из основных народнохозяйственных задач. Как показывают расчеты, дефицит гидроресурсов Арало-Каспийской низменности в ближайшие годы будет лимитировать развитие производительных сил страны и потребуются не только широкое регулирование стока

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 5, с. 151.

рек, но и осуществление большой программы межбассейнового перераспределения стока. При этом важнейшую роль должна сыграть переброска избыточного стока сибирских рек. Предстоит решить грандиозную инженерно-техническую проблему.

Уже в настоящее время в районах интенсивного использования речного стока для орошения земель, а также в ряде других районов страны интересы неэнергетических водопользователей превалируют при определении степени регулирования стока, его распределении во времени и при выборе типов сооружений.

Во многих случаях проектирование развития энергетических систем, имеющих в своем составе гидроэлектростанции, невозможно без надлежащего прогноза отъемов воды на ирригацию, обводнение и водоснабжение, без учета намечаемых межбассейновых перебросок стока и требований отдельных отраслей водного хозяйства к характеру регулирования стока, к режиму уровней водохранилищ и режиму уровней и расходов в нижних бьефах гидроэлектростанций. При выдвижении объектов гидроэнергетического строительства и при определении времени и очередности их сооружения одним из основных факторов является важность того или иного гидроузла для решения водохозяйственных проблем.

Сочетание энергетического использования рек с решением комплексных задач водного хозяйства повышает экономическую эффективность использования водных ресурсов.

Одновременно со все увеличивающимся спросом на воду для водоснабжения промышленности, сельского хозяйства и населенных пунктов увеличивается загрязнение рек сбросами сточных вод, судоходством, лесосплавом и др. В связи с этим в районах сосредоточения населения и промышленности, вблизи водоразделов и в районах с засушливым климатом, где развивается орошение земель, нередко в современных условиях возникают затруднения с удовлетворением спроса на воду. Так, например, строительство мощных тепловых электростанций с крупными блоками нередко затруднено из-за нехватки пресной воды. Для охлаждающих систем тепловых и атомных электростанций требуется огромное количество воды, что вызывает необходимость возведения сложных гидротехнических сооружений для создания специальных водохранилищ. В ряде стран (США, Франции и др.) все чаще крупные тепловые и атомные электростанции строят на базе водохранилищ гидроэлектростанций. Коренным образом изменяются условия рыбного хозяйства. Уменьшение притока пресных вод во внутренние замкнутые водоемы ведет к снижению их уровней.

Динамика всех рассмотренных явлений, связанных с водопотреблением и использованием водных ресурсов, находится в тесной зависимости от общего развития производительных сил страны. Для того чтобы не препятствовать развитию послед-

них, необходимо осуществлять крупные комплексные народно-хозяйственные мероприятия: создавать новые водохранилища большой емкости для регулирования стока и инженерные системы для территориального перераспределения водных ресурсов, а в будущем опреснять соленые и морские воды и искусственно привлекать влагу атмосферы.

Очевидно, что использование водных ресурсов вступило в ту принципиально новую фазу развития, когда единственно правильный путь технических решений должен основываться на комплексном использовании водных ресурсов, обуславливающим гармоничное сочетание интересов всех водопотребителей и водопользователей и достижение высокого экономического эффекта в народном хозяйстве.

Возрастающий масштаб использования водных ресурсов и условия общего технического прогресса определяют большое народнохозяйственное значение дальнейшего совершенствования всего гидротехнического строительства в стране, включая планирование, организационные формы, проектирование, возведение гидроузлов, а также создание наиболее благоприятных экономических условий эксплуатации сооружений и общего повышения уровня комплексного использования и охраны водных ресурсов.

В предлагаемой работе рассматриваются основные инженерно-технические и экономические вопросы, изложение, которых осуществляется с учетом накопленного практического опыта, данных проектных проработок, научных прогнозов и оценок. В качестве примеров привлекаются наиболее прогрессивные решения из отечественной и зарубежной практики. Такое предпринимаемое впервые обобщение опыта и оценка ближайшего будущего будут полезны для дальнейшего развития научных исследований, проектирования, планирования, строительства и эксплуатации в области комплексного использования водных ресурсов в стране.

Краткий очерк развития гидроэнергетики СССР

1-1

Предыстория гидроэнергетики

Целенаправленное использование водных ресурсов рек началось еще в глубокой древности. Известны оросительные системы, созданные в Египте за 4 000—3 500 лет до нашей эры.

Водяное колесо — основа самых простых гидравлических установок — применялось в системах орошения Древнего Египта, Китая, Индии для подачи воды из рек, а в I—II вв. до нашей эры в Древней Греции и Римской империи — в качестве привода жерновов водяных мельниц. Начало распространения их в Европе относят к V в. На Руси водяные колеса появились в X—XIII вв.

В XVII—XVIII вв. область применения водяных колес резко расширилась: появились водяные крупорушки, лесопильни, установки для обработки сукон, установки на железоплавильных заводах, приводившие в действие молоты дляковки железа. К концу XVIII в. в России уже насчитывалось около 3 000 различных производств, использовавших водную энергию. От водяных колес механическая сила передавалась валам машин и установок посредством ременных (а позднее и зубчатых) передач.

Некоторые заводские гидросиловые установки того времени (их чаще всего продолжали называть водяными мельницами) удивляют своей сложностью и мощностью. Среди них выделяется гидравлическая установка, построенная в 80-х годах XVIII столетия на Алтае известным русским изобретателем и гидротехником К. Д. Фроловым. Вода р. Змеевки была подперта Змеиногорской земляной плотиной высотой 18 м и последовательно вращала три водяных колеса диаметром до 17 м, расположенных на канале, проходившем частично под землей.

Наряду со строительством гидравлических установок значительное развитие получили в XVIII и начале XIX вв. искусственные водные пути. Еще при Петре I началось строительство Вышневолоцкой (1708 г.) и Маринской (1718 г.) водных систем.

Через 100 лет (1811 г.) была открыта для судоходства Тихвинская система.

В XVIII в. была изобретена паровая машина, а в XIX в. появились железные дороги. Развитие водного транспорта и гидросиловых установок временно приостановилось. К тому же водяные колеса обладали существенными недостатками: незначительной мощностью, громоздкостью, низким коэффициентом полезного действия.

Подъем гидротехнического строительства и гидроэнергетики относится к последней четверти XIX столетия. Развитие капитализма в России, рост городов, интенсификация сельского хозяйства потребовали создания новых источников энергии, реконструкции старых и строительства новых водных путей, водопроводов в городах, осуществления в значительных масштабах орошения земель. В этот же период были созданы современные гидравлические двигатели — турбины с высоким коэффициентом полезного действия: радиально-осевая (Френсиса) и ковшовая (Пельтона) ¹.

Примерно в то же время были изобретены электрические генераторы переменного тока и найден способ передачи электрической энергии на большое расстояние.

В 1874—1875 гг. русский электротехник Ф. А. Пироцкий впервые передал на расстояние до 1 км электрическую энергию. А в 1877 г. он выступил в «Инженерном журнале» со статьей «О передаче работы воды, как движителя, на всякое расстояние, посредством гальванического тока» (здесь же Пироцкий впервые произвел сравнительные расчеты эксплуатационных расходов силовых установок с паровыми и водяными двигателями, и показал размеры экономии, достигаемой применением гидравлических установок).

Через несколько лет, в 1882 г., французский инженер Марсель Депре на Мюнхенской выставке продемонстрировал передачу тока высокого напряжения на расстояние 57 км от гидравлической установки.

По этому поводу Ф. Энгельс писал: «Новейшее открытие.... окончательно освобождает промышленность почти от всяких границ, полагаемых местными условиями, делает возможным использование также и самой отдаленной водяной энергии и, если в начале оно будет полезно только для городов, то в конце концов оно станет самым мощным рычагом для устранения противоположности между городом и деревней» ².

Большой вклад в развитие гидроэнергетики внес русский инженер М. О. Доливо-Добровольский. Будучи политическим эмигрантом, он в 1891 г. в связи с международной электротехниче-

¹ Поворотлопастная турбина (Каплана) была предложена позднее — в 1912 г.

² Сочинения К. Маркса и Ф. Энгельса, т. XXVII, изд. 1935 г., с. 289.

ской выставкой в Германии переоборудовал гидросиловую установку на р. Неккар в гидроэлектростанцию мощностью 220 квт с генератором трехфазного тока и впервые осуществил передачу от нее электроэнергии переменным током напряжением 8 500 в на расстояние 170 км во Франкфурт-на-Майне¹.

В царской России эти открытия и достижения передовой инженерной мысли развития не получили, хотя русские гидротехники разрабатывали имевшие большое значение для экономического развития страны проекты использования водных ресурсов.

В 1892 г. Н. Н. Бенардос предложил проект гидроэлектростанции мощностью 10—20 тыс. л. с. на р. Неве у Ивановских порогов для электроснабжения Петербурга.

В 1892—1894 гг. инж. В. Ф. Добротворский разработал проект сооружения гидроэлектростанции (32,4 тыс. л. с.) на р. Нарве у Нарвских порогов с передачей электроэнергии посредством трехфазного тока напряжением 20 тыс. в в Петербург. Он же в 1895—1899 гг. составил проекты гидроэлектростанций на водопаде Б. Иматра (50 тыс. л. с.) и на порогах Волхова.

В начале XX в. были разработаны проекты крупных по тому времени гидроэлектростанций на реках Свири, Северном Донце, Тереке, Бзыби и др. [Л. 7].

Над проектами использования энергии Днепра и создания судоходного пути в районе знаменитых Днепровских порогов работали инженеры Н. С. Лелявский (1893 г.), В. Е. Тимонов (1894 г.), С. П. Максимов и Г. О. Графтио (1905 г.), А. М. Рундо и Д. И. Юскевич (1910 г.), проф. Б. А. Бахметев (1913 г.), инженеры Ф. П. Моргуnenков (1913 г.), И. А. Розов (1914—1915 гг.)².

Гидравлика и гидромеханика в дореволюционной России благодаря трудам В. М. Лахтина, Н. С. Лелявского, Д. И. Менделеева, Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина и других крупных инженеров и ученых опережали западную науку.

Непреодолимым препятствием к широкому использованию водной энергии были общая техническая отсталость страны и частно-капиталистический способ производства, а также слабая изученность рек. Первая попытка более или менее полно учесть водноэнергетические ресурсы была сделана в 1911—1912 гг.

В результате использование водной энергии в России продолжало базироваться в основном на гидросиловых установках, непосредственно передававших «живую» силу воды тем или иным механизмам. В начале XX в. имелись десятки тысяч примитивных водяных мельниц и установок общей мощностью около 990 тыс. л. с. (1912 г.). Лишь седьмая—восьмая часть этой

¹ Из истории электротехники. О. Н. Веселовский, 75 лет электропередачи трехфазным током. «Электричество», 1966, № 12.

² Первый проект по расчистке Днепровских порогов относится к 1796 г. (инж. Деволант). В XIX в. было разработано еще несколько проектов по шлюзованию Днепра.

мощности приходилась на гидротурбинные механические установки. Остальная мощность по-прежнему вырабатывалась водяными колесами. Это в то время, когда за границей водная энергия использовалась преимущественно при помощи турбинных установок, в основном гидроэлектрических, и водяные колеса отошли в область предания.

Одна из самых первых в России гидроэлектрических установок была сооружена еще в 1892 г. на р. Березовке на Алтае под руководством горного инженера Кокшарова. Гидроэлектростанция мощностью около 150 *квт* (в четырех турбинах) обеспечивала электроснабжение шахтного водоотлива на известном Зыряновском руднике¹. Ее появление именно на рудном Алтае нельзя считать случайным. Здесь, как известно, уже начиная с XVII в. создавались многочисленные гидросиловые установки — энергетическая основа важнейших отраслей русской промышленности в XVII, XVIII и первой трети XIX в.

Первая в России промышленная гидроэлектрическая установка на трехфазном токе была введена в эксплуатацию в 1896 г. на р. Охте. Эта гидроэлектростанция мощностью около 260 *квт* (350 л. с.) снабжала электроэнергией первое электрифицированное предприятие России — Охтинский пороховой завод в Петербурге. Она была создана на базе заводской гидросиловой установки под руководством В. Н. Чиколева и Р. Э. Классона.

Почти одновременно с Охтинской была введена в эксплуатацию (18/IX 1896 г.) гидроэлектростанция на р. Ныгри, на одном из приисков Ленского золотопромышленного товарищества. Оборудованная генераторами трехфазного тока она была одной из первых электростанций такого типа в России. Генераторное напряжение Ныгринской ГЭС трансформировалось до 10 000 в и передавалось на расстояние свыше 20 км (первая в России высоковольтная ЛЭП). К концу XIX в. на Ленских золотых приисках было построено две, а к 1917 г. в общей сложности работало шесть гидроэлектростанций общей мощностью около 2,5 тыс. *квт*².

Построенная в 1903 г. на р. Подкумок у г. Ессентуки гидроэлектростанция «Белый уголь» (сейчас ее мощность 800 *квт*) с двумя гидроагрегатами для электроснабжения района Минеральных вод, — была первой гидроэлектростанцией, работавшей на общую сеть с тепловыми (в данном случае с дизельными) электростанциями.

Общая мощность гидроэлектростанций России составляла перед Октябрьской революцией всего около 16 000 *квт*³, причем

¹ «Вестник золотопромышленности и горного дела вообще». Томск, 1894, № 16, с. 310.

² В. В. Алексеев. Первые гидроэлектростанции в Сибири. «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 14, 1963, с. 109—111.

³ По данным некоторых источников (в частности, Т. Л. Золотарев, Гидроэнергетика, 1955, с. 28 и 78) — около 8 400 *квт*.

почти все 78 станций были мелкими. Самой крупной гидроэлектростанцией была Гиндукушская на р. Мургаб мощностью 1350 кВт (в царском имении в Туркестане). Наиболее крупная гидравлическая турбина, изготовленная в России (в Риге), имела мощность около 300 кВт (400 л. с.).

В дореволюционной России на гидроэлектростанциях вырабатывалось всего 35—37 млн. кВт·ч электроэнергии в год (1913 и 1916 гг.). Среди развитых стран Россия в области гидроэнергетики, так же как и по энергетике в целом, занимала одно из последних мест. Достаточно сказать, что в то время мощность гидроэлектростанций США составляла 2,8 млн. кВт, а их выработка — 7,4 млрд. кВт·ч. В США, Канаде, Франции, Италии и некоторых других странах находились в эксплуатации гидроэлектростанции мощностью в десятки тысяч киловатт каждая. Единичная мощность гидравлических турбин уже достигала 38 тыс. кВт (США).

1-2

Гидроэнергетика в Ленинском плане ГОЭЛРО

Развитие гидроэнергетики в нашей стране в современном понимании началось после Великой Октябрьской социалистической революции. У колыбели советской гидроэнергетики стоял Владимир Ильич Ленин.

В. И. Ленин, еще задолго до победы революции, в своих работах обращал внимание на различные проекты использования водных ресурсов во Франции, Германии и Северной Америке и отмечал огромное значение гидроэнергетики для рационального размещения производительных сил страны¹ и уничтожения противоположности между городом и деревней.

Когда перед молодым Советским государством встали задачи хозяйственного строительства, В. И. Ленин выдвинул широкую программу электрификации страны, неотъемлемой частью которой была идея широкого использования огромных гидроэнергетических ресурсов.

Уже в январе 1918 г. В. И. Ленин дает через заведующего электроотделом ВСНХ П. Г. Смидовича задание Г. О. Графтио подготовить предварительную смету на строительство первой крупной гидроэлектростанции — Волховской.

В апреле 1918 г. В. И. Ленин в «Наброске плана научно-технических работ» предлагал при составлении плана реорганизации промышленности и экономического подъема России особо учитывать водные силы страны. В том же 1918 г. В. И. Ленин подписал постановление Совета Народных Комиссаров об от-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 5, с. 151, 152.

пуске средств на строительство Волховской ГЭС — первенца советской гидроэнергетики.

3 мая 1918 г. Совет Народных Комиссаров на заседании под председательством В. И. Ленина решил вопрос об ассигновании средств на строительство Свирских гидроэлектростанций (проектом, разработанным с участием Г. О. Графтио, В. С. Верещагина и С. Я. Жука, предусматривалось строить три ГЭС общей мощностью 290 тыс. л. с. [Л. 16]).

4 мая 1918 г. Совет Народных Комиссаров принял декрет «Об организации оросительных работ в Туркестане»¹.

Начавшаяся гражданская война и империалистическая интервенция вынудили Советское государство отложить на время выполнение плана гидроэнергетического и водохозяйственного строительства.

После одержанных в конце 1919 г. — начале 1920 г. военных побед (разгром армий Колчака и Деникина и провал интервенции) все внимание вновь было обращено на хозяйственное строительство страны. В. И. Ленин выдвинул задачу разработки единого народнохозяйственного плана электрификации всей страны — исторического плана ГОЭЛРО. Одной из основных частей этого плана являлась программа строительства гидроэлектростанций. В. И. Ленин, Г. М. Кржижановский, ученые и инженеры, участвовавшие в разработке плана ГОЭЛРО, хорошо понимали, что гидроресурсы выгодно отличаются от других источников получения электроэнергии.

Эти преимущества были особенно ощутимы для молодой Советской республики, страдавшей от недостатка топлива и транспортной разрухи.

В плане ГОЭЛРО намечалось сооружение десяти крупных районных гидроэлектростанций общей мощностью 640 тыс. квт (36% запланированной мощности). Среди этих установок были Днепровская, Волховская, Свирские и другие гидроэлектростанции.

В плане ГОЭЛРО подчеркивалось особое значение гидроэлектроцентралей: «Это особое значение получается для некоторых мест благодаря исключительно низкой себестоимости водной энергии, а для других играет весьма крупную роль в качестве регулятора нашего внешнего товарообмена. Первый тип способен вызвать к жизни такие виды промышленности, которые только и возможно создать на исключительно дешевом топливе, как, например, электроплавка, некоторые виды химической промышленности и т. д., а второй, к которому относятся все петроградские установки, сокращает в известной мере нашу потребность в привозе английского угля и тем улучшает наш расчетный баланс»².

¹ «Экономическая политика СССР», т. 1, 1947, с. 115—119.

² План электрификации РСФСР, Госполитиздат, 1955, с. 85.

В ленинском плане ГОЭЛРО вопросы использования водных сил были разработаны подробно, несмотря на то, что в то время степень изученности гидроэнергоресурсов страны была низкой. Будучи твердо уверенными в перспективности советского гидроэнергостроительства, составители плана ГОЭЛРО во Введении к докладу VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России писали:

«Теперь же важно твердо, с крайней настойчивостью провести в жизнь программу первой очереди, организовать изучение запасов водной энергии в стране, подготовить рабочие кадры и дать возможность широким слоям населения Республики почувствовать всю важность и все значение использования живой силы водных потоков»¹.

Вопросам развития гидроэнергетики в плане специально был посвящен раздел «В. Электрификация и водная энергия», в котором давалась подробная (насколько позволяли имевшиеся в то время данные) характеристика гидроэнергетических ресурсов страны и перспектив их использования. Уже в этом историческом документе подчеркивались два основоопределяющих принципа советской гидроэнергетики — выбор наиболее экономически эффективных объектов гидростроительства и комплексный характер использования гидроресурсов.

В плане ГОЭЛРО указывалось: «1) В первую очередь обратить внимание на установки, исключительно выгодные как по естественным условиям, так и по возможно полному экономическому использованию. 2) При проектировании сооружений комбинировать использование гидротехнических сооружений для нескольких целей, чтобы стоимость их могла быть разложена на ряд взаимно связанных предприятий (использование водной энергии с шлюзованием реки, орошением и т. п.)»².

После принятия плана ГОЭЛРО VIII Всероссийским съездом Советов в декабре 1920 г. строительство гидроэлектростанций в стране велось с учетом основных принципов, сформулированных в этом плане.

В. И. Ленин постоянно находил время для помощи строителям первых гидроэлектростанций. По его инициативе на заседаниях Совета Народных Комиссаров и Совета Труда и Оборона неоднократно рассматривались вопросы строительства Волховской ГЭС, а на каждой сессии Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета заслушивался доклад Г. О. Графтио о ходе работ на Волховстрое (рис. 1-1).

На рукописи доклада Г. О. Графтио на имя В. И. Ленина сохранились пометки Владимира Ильича: он подчеркнул мысль о том, что «Волховскую установку надо осуществить во что бы то ни стало в скорейшее время».

¹ План электрификации РСФСР, Госполитиздат, 1955, с. 86.

² То же, с. 82, 83.



1-1. Волховская ГЭС имени В. И. Ленина.

В последней своей статье «Лучше меньше, да лучше» (март 1923 г.) В. И. Ленин дважды упомянул о Волховстрое:

«...всякое малейшее сбережение сохранить для развития нашей крупной машинной индустрии, для развития электрификации, гидроторфа, для достройки Волховстроя...»¹.

Академик Г. О. Графтио впоследствии писал:

«Первый мощный и решительный толчок к обращению этой мечты в реальную действительность был дан среди тревог начала 1918 г. Владимиром Ильичем Лениным, с именем которого Волховская силовая установка останется навсегда неразрывно связанной... вера работников волховского строительства никогда их не обманула, даже в те критические моменты, когда, казалось, никакого выхода нет, и работа должна погибнуть. Как яркий луч, пронизывало мрак краткое слово Владимира Ильича, тучи рассеивались и работники волховского строительства ломали препятствия» [Л. 6].

В 1922 г. В. И. Ленин поддержал инициативу грузинских руководителей о строительстве Земо-Авчальской ГЭС на р. Куре.

У истоков сооружения Днепровской гидроэлектростанции также стоял В. И. Ленин: он подписал первое решение советско-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, с. 404—406.

го правительства о начале подготовительных работ по строительству Днепрогэса.

Краткая история советской гидроэнергетики излагается по следующим периодам: I — годы восстановления и реконструкции народного хозяйства, 1918—1927/28 гг.; II — период первых пятилеток, 1928/29—1940 гг.; III — годы Великой Отечественной войны, 1941—1945 гг.; IV — годы послевоенных пятилеток, 1946—1958 гг.; V — годы семилетия (1959—1965 гг.) и последнего пятилетия (1966—1970 гг.).

Такая периодизация принята с учетом, во-первых, характерных этапов развития всего народного хозяйства СССР и, во-вторых, особенностей развития гидроэнергетики в отдельные периоды (техника и география гидроэнергостроительства, мощность гидроэлектростанций и др.).

1-3

Гидроэнергетика в годы восстановления и реконструкции народного хозяйства (1918—1927/28 гг.)

Гидроэлектростанции в первый период развития советской гидроэнергетики строились с огромными трудностями из-за нехватки материалов, механизмов и квалифицированных кадров.

Несмотря на трудности в 1918—1919 гг. было построено 47 малых гидроэлектростанций общей мощностью 1 600 квт, от которых зажглись в деревне первые «лампочки Ильича» [Л. 10]. В. И. Ленин посетил 14/XI 1920 г. такую ГЭС, построенную на р. Ламе в деревне Ярополец под Волоколамском.

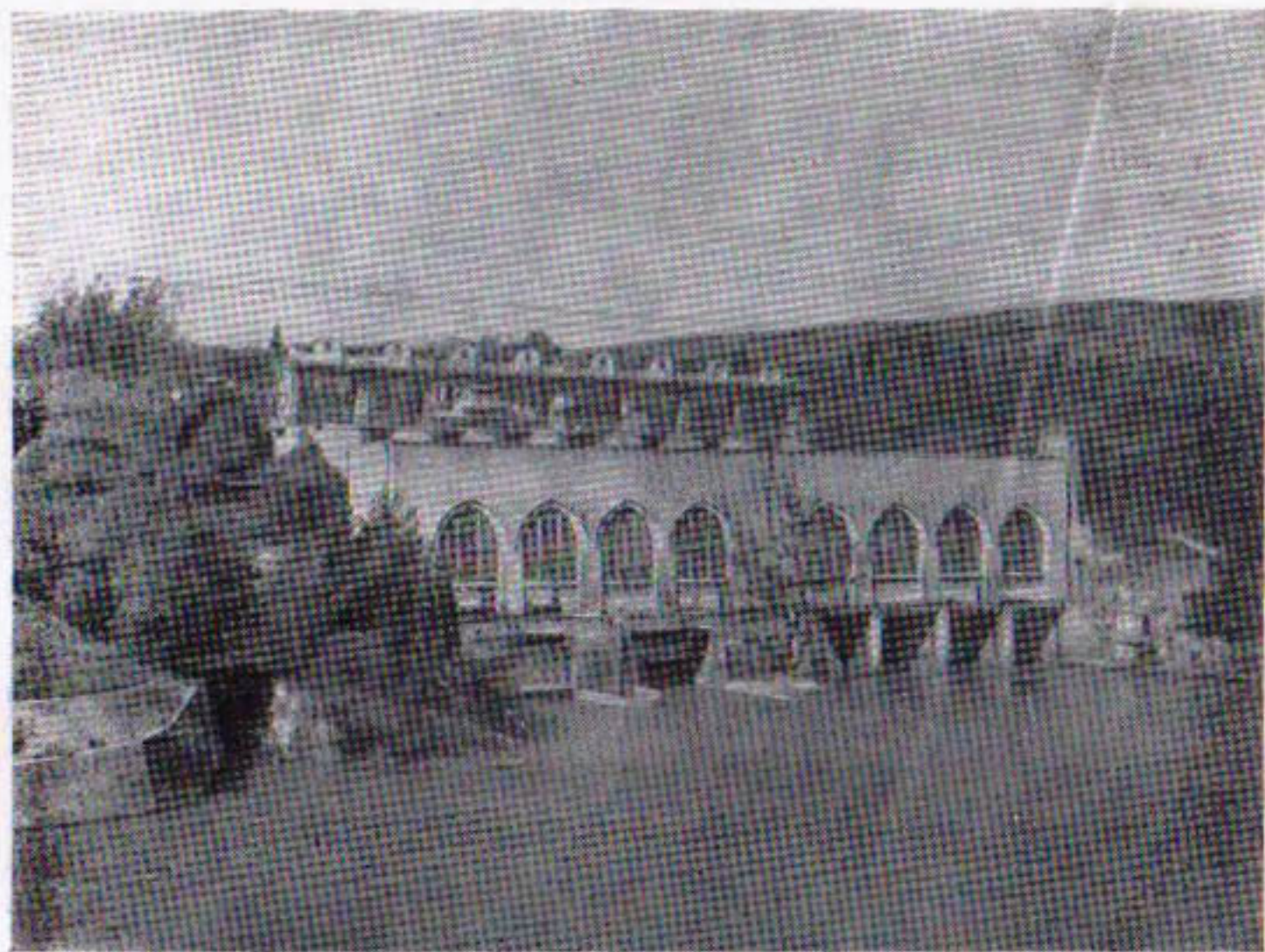
В письме к коммунистам Кавказа от 14 апреля 1921 г. Ленин указывал на необходимость развернуть работы по электрификации и орошению на базе «белого угля»: «Орошение больше всего нужно и больше всего пересоздаст край, возродит его, похоронит прошлое, укрепит переход к социализму»¹. 10 сентября 1922 г. была заложена на р. Куре первая гидроэлектростанция Грузии.

С большим трудом были построены и введены в эксплуатацию довольно крупные для того времени гидроэлектростанции: в 1926 г. — Волховская, Бозсуйская в Узбекистане, Ереванская I в Армении, в 1927 г. — Земо-Авчальская имени В. И. Ленина в Грузии (рис. 1-2), в 1928 г. — Кондопожская в Карелии, Ленинанканская в Армении, Пензенская.

Для разработки проектов гидроэлектростанций в 1923 г. начали создаваться первые проектно-изыскательские организации.

Главным достижением в рассматриваемый период было сооружение Волховской гидроэлектростанции. Впервые в России

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 43, с. 198—200.



1-2. Земо-Авчальская ГЭС имени В. И. Ленина на р. Куре.

равнинная многоводная река — Волхов — была перекрыта бетонной плотиной длиной 210 м, с подпором воды в 10,5 м.

19 декабря 1926 г. состоялось торжественное открытие Волховской ГЭС, которой было присвоено имя В. И. Ленина. Ее мощность уже в августе 1927 г. достигла 58 тыс. кВт (впоследствии она была увеличена до 66 тыс. кВт).

В 1926 г. ленинградский завод «Электросила» изготовил для Волховской ГЭС четыре гидрогенератора — начало крупного гидрогенераторостроения в СССР. Попутно следует отметить, что за два года до этого Ленинградский металлический завод (ЛМЗ) построил первую крупную отечественную гидротурбину мощностью в 5 000 л. с. (3 676 кВт).

Сооружение Волховской ГЭС явилось примером комплексного решения проблемы использования водных ресурсов. В результате ее строительства было обеспечено электроснабжение Ленинграда и создан судоходный путь на всем протяжении р. Волхов.

Волховстрой стал первой практической школой, воспитавшей основные кадры опытных гидростроителей для развернувшегося в последующие годы широкого гидроэнергостроительства.

За восстановительный период было начато строительство 15 гидроэлектростанций общей мощностью 870 тыс. кВт, из них 10 мощностью 92 тыс. кВт были введены в эксплуатацию.

Гидроэнергетика в период первых пятилеток (1928/29—1940 гг.)

Второй период развития гидроэнергетики характеризуется выполнением и перевыполнением плана ГОЭЛРО, строительством таких крупных гидроустановок, как Днепрогэс, Нижне-Свирская ГЭС, первых волжских гидроэлектростанций.

Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина, проект которой был разработан под руководством известного гидротехника проф. И. Г. Александрова (впоследствии академика), сооружена ниже порожиистой части реки у г. Запорожья, вблизи острова Хортица (рис. 1-3).

В состав сооружений Днепровского гидроузла входили: здание ГЭС с девятью агрегатами общей мощностью 560 тыс. кВт, расположенное на правом берегу Днепра, бетонная плотина дугообразной формы (для увеличения длины водосливного фронта), перекрывающая на протяжении трех четвертей километра русло реки, и большой трехкамерный шлюз у левого берега.

Бетонная плотина такой большой длины с максимальной высотой более 60 м явилась одним из крупнейших сооружений в мировой практике гидротехнического строительства.

Днепровская ГЭС для своего времени была самой мощной в Европе и крупнейшей в мире.

Привлеченные для консультации американские специалисты считали, что такое грандиозное сооружение, как Днепрогэс, не

1-3. Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина.



под силу русским инженерам, не имевшим опыта строительства крупных гидроэлектростанций.

Основой коллектива Днепростроя стали гидростроители, прошедшие хорошую школу на Волховстрое. Начальником строительства был назначен А. В. Винтер, главным инженером Б. Е. Веденеев (оба впоследствии академики), заместителем начальника П. П. Ротерт (впоследствии первый начальник Метростроя).

Со всех концов страны на эту ставшую всенародной стройку стали прибывать рабочие. Весной 1927 г. на берегах Днепра уже развернулись подготовительные работы.

Выполнение огромных по тому времени объемов строительных работ (5,3 млн. м³ земельно-скальных и 1,2 млн. м³ бетонных) днепростроевцы начали практически без квалифицированной рабочей силы и без машин. Единственной «механизацией» были грабарки.

Постепенно стройка оснащалась техникой и превращалась в школу индустриального строительства. Днепрострой стал кузницей кадров, которые впоследствии пошли на другие стройки, стали командирами производства.

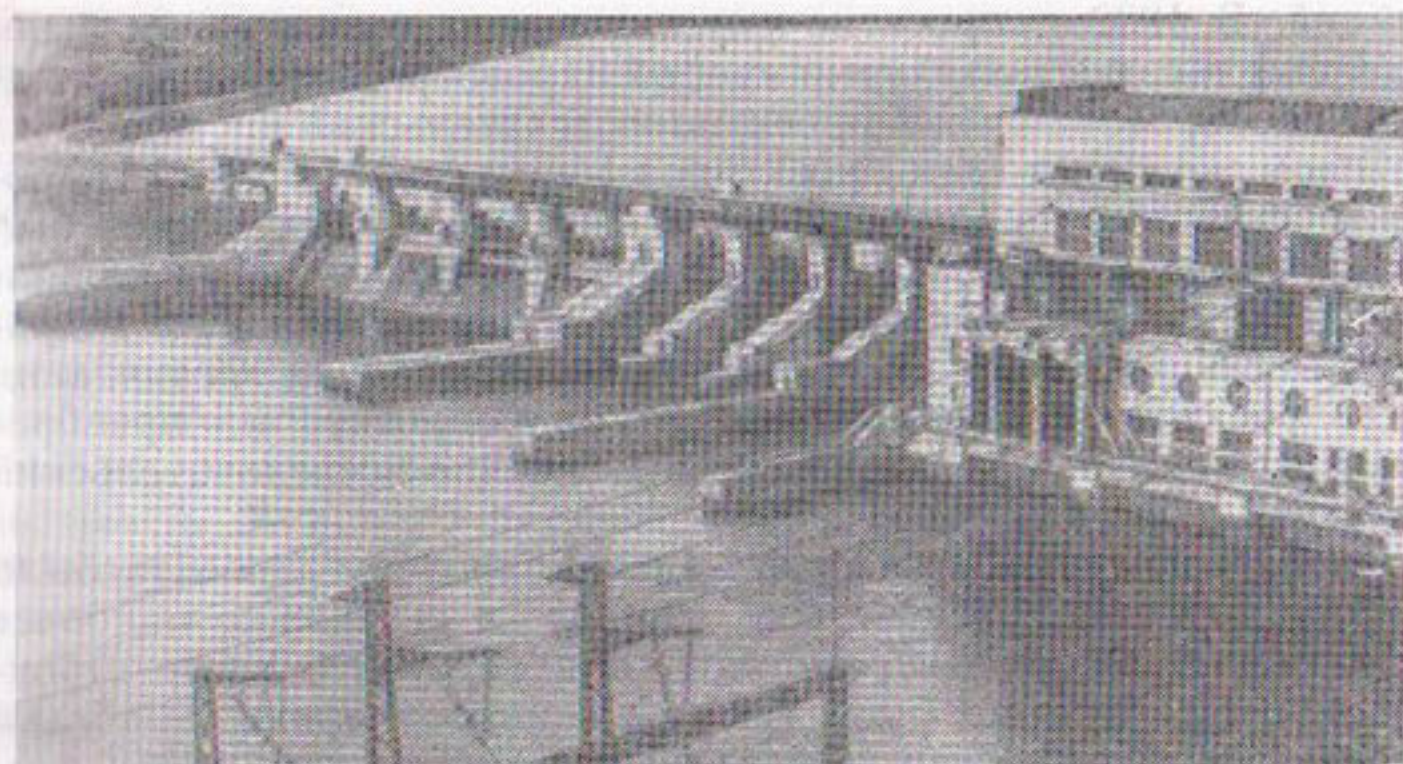
Днепрогэс был построен в рекордный срок — за 5 лет. Первого мая 1932 г. строители рапортовали Родине: «Ток включен! Днепр работает на социализм!».

Сооружение первой на Днепре плотины, поднявшей уровень воды над порогами на 30 м, и судоходного шлюза позволило организовать сквозное судоходство по Днепру.

Днепрогэс вызвал к жизни мощную приднепровскую индустрию. Появились промышленные гиганты: «Запорожсталь», «Днепроспецсталь», заводы алюминиевый, ферросплавный и другие. Днепрогэс преобразил Приднепровье, превратил этот район в промышленный центр. Электроэнергия станции позволила электрифицировать сельское хозяйство в прилегающих районах.

Таким образом, сооружение Днепрогэса полностью отвечало требованиям плана ГОЭЛРО о комплексном подходе к использованию водных ресурсов.

Пример Днепростроя показателен еще и в том отношении, что в период первой пятилетки советская гидроэнергетика имела тенденцию к самостоятельному развитию и критически оценивала достижения зарубежной техники. Характерно, например, что американский консультант Купер считал предельной мощностью Днепрогэса 240 тыс. кВт, тогда как в первоначальных предположениях коллектива, руководимого проф. И. Г. Александровым, эта мощность составляла 390 тыс. кВт (13 агрегатов). Пересмотр проекта в 1929 г. во время строительства позволил повысить мощность каждого агрегата и довести общую установленную мощность до 558 тыс. кВт, соответственно чему и было заказано уникальное энергетическое оборудование (девять гидроагрегатов по 62 тыс. кВт).



1-4. Нижне-Свирская ГЭС имени Г. О. Графтио на р. Свири.

В канун первой пятилетки, в 1927 г., началось строительство в труднейших геологических условиях Нижне-Свирской ГЭС мощностью 96 тыс. кВт на р. Свири.

Впервые в мировой практике предстояло расположить тяжелые бетонные сооружения на сжимаемых грунтах — глинах.

По предложению начальника Свирьстроя Г. О. Графтио вертикальные валы гидроагрегатов было решено монтировать с небольшим отклонением от вертикали. Это делалось в предположении, что из-за неравномерной осадки здания ГЭС под влиянием, с одной стороны, веса строительных конструкций и оборудования, а с другой — давления воды, валы примут вертикальное положение. Расчеты инженеров Свирьстроя полностью подтвердились.

Здесь же впервые в мировой практике были применены анкерный железобетонный понур, дренаж и фильтры в основании сооружений, разработаны новые методы фильтрационных расчетов и широко внедрен в исследования экспериментальный метод электрогидродинамических аналогий (ЭГДА), предложенный академиком Н. Н. Павловским.

В 1933 г. строительство Нижне-Свирской ГЭС было закончено (рис. 1-4). Эта гидроэлектростанция имела большое значение для электроснабжения Ленинградского промышленного района; первый свирский гидроузел одновременно намного улучшил судоходные условия на Свири в ее наиболее порожиистой части и явился одним из важнейших звеньев Беломорско-Балтийского водного пути.

В связи с возрастающими масштабами гидроэнергетического строительства в 1930 г. был создан трест Гидроэлектрострой, объединивший проектирование и строительство гидроэлектро-

станций. В 1932 г. проектно-изыскательские организации были выделены в самостоятельный трест Гидроэнергопроект, впоследствии преобразованный в проектно-изыскательский институт.

В том же 1932 г. для проектирования и строительства гидроэлектростанций на Средней Волге на базе Днепростроя был создан Средволгострой, а для выполнения проектно-изыскательских работ по каналу Волга—Москва и верхневолжским гидроэлектростанциям была создана специализированная организация Гидропроект (в послевоенные годы Гидропроект был преобразован в проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт).

Одной из первых и важных задач Гидроэнергопроекта было изучение гидроэнергоресурсов страны и выявление наиболее эффективных гидроэлектростанций для первоочередного строительства. Необходимо было также в короткие сроки не только освоить зарубежный опыт гидроэнергостроительства, но и разработать отечественные методы и технические решения по большому количеству сложнейших вопросов гидротехники, гидравлики, геотехники, геологии оснований и т. п.

Для проведения широких исследований по гидротехнике и смежным областям науки и техники были созданы два ведущих института: ВНИИГ имени Б. Е. Веденеева (с 1924 г.) и ТНИСГЭИ имени А. В. Винтера (с 1932 г.).

Сооружение электростанций в годы предвоенных пятилеток осуществлялось быстрыми темпами и в широких масштабах. В 1935 г., к 15-летию плана ГОЭЛРО, этот план по мощности электростанций был перевыполнен в 3 раза. Мощность гидроэлектростанций достигла без малого 900 тыс. кВт. В эксплуатации находилось уже 11 районных гидроэлектростанций общей мощностью 771,3 тыс. кВт.

Строительство гидроэлектростанций в рассматриваемый период наиболее широко велось в Закавказье, на Северном Кавказе, в Средней Азии и Казахстане в районе рудного Алтая, на Северо-Западе Европейской части СССР (Кольский полуостров, Карелия). Развитие гидроэнергетики в этих районах определялось, с одной стороны, недостатком или отсутствием местного топлива, а с другой, — высокой эффективностью использования водных ресурсов. Гидроэнергостроительство продолжало развиваться здесь и в последующие годы, в результате чего гидроэлектроэнергия заняла значительное место в энергобалансе этих районов.

В Закавказье были построены Дзорагетская ГЭС, Рионская ГЭС на р. Риони (1933 г.), Канакерская ГЭС на р. Раздан (1936/1940 гг.), Аджарис-Цкальская ГЭС (1939 г.) с напорным деривационным туннелем длиной около 3 км и другие гидроэлектростанции. На Северном Кавказе, на притоках Терека и Сулака, были сооружены высоконапорные Гизельдонская (1934 г.), Баксанская (1936/1939 гг.) и Гергебильская гидро-

электростанции (1937 г.). В составе сооружений последней была построена первая в СССР высокая плотина арочного типа. В Средней Азии были построены Кадырьинская ГЭС в Ташкенте (1933 г.), Бурджарская и Верхне-Варзобская ГЭС в Таджикистане (1936 г.), крупные гидроэлектростанции — Комсомольская и Тавакская (I очередь) на р. Чирчик (1939—1941 гг.). При строительстве Чирчикских ГЭС впервые в СССР были сооружены деривационные каналы большой протяженности.

Для энергоснабжения горной промышленности Алтая было построено несколько деривационных гидроэлектростанций, использующих большое падение рек Граматухи, Ульбы, Хариузовки и других.

Широко развернулось гидротехническое строительство в северо-западном районе страны.

В первой пятилетке в исключительно короткие сроки было построено (1931—1933 гг.) крупнейшее для того времени водохозяйственное сооружение — Беломорско-Балтийский канал, соединивший бассейн Волги с Балтийским и Белым морями и обеспечивший сквозное судоходство по Беломорско-Балтийскому водному пути. Канал сократил путь между Балтийским и Белым морями на 4 000 км.

От Повенца на Онежском озере до Беломорска на Белом море длина канала 227 км. На канале было построено 128 различных гидротехнических сооружений, среди которых 15 плотин, 49 дамб, 19 шлюзов, 40 км искусственных каналов, несколько гидроэлектростанций и др.

Быстро развивавшаяся промышленность Кольского полуострова, богатого полезными ископаемыми, требовала большого количества электроэнергии. В связи с отсутствием на месте топлива было решено строить здесь гидроэлектростанции, использующие энергию многочисленных, часто порожистых рек.

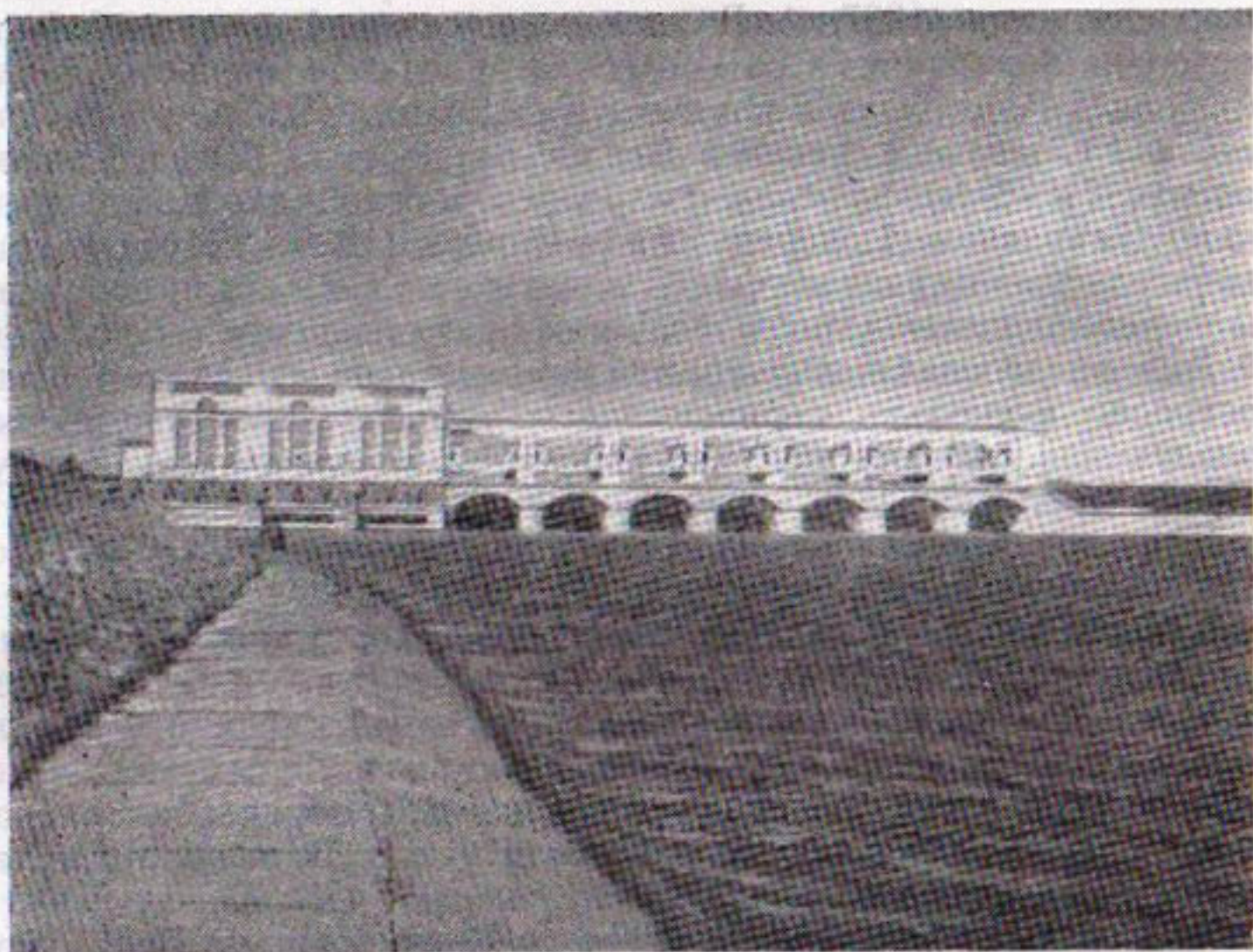
Первую гидроэлектростанцию на р. Ниве — Ниву II — построили в 1934 г. На небольшом протяжении (22 км) эта река имеет падение 128 м. Здесь был запроектирован каскад из трех гидроэлектростанций, две из которых построены уже в послевоенные годы.

Недалеко от г. Мурманска на р. Туломе была сооружена самая северная в стране гидроэлектростанция — Нижне-Туломская (1937 г.).

Важный этап в развитии гидроэнергетики связан с началом использования водных ресурсов крупнейшей реки Европы Волги.

В начале 1930 г. Центральный Комитет партии принял решение о проработке как в энергетическом, так и в ирригационном отношении проблемы Самарской (Куйбышевской) гидроэлектростанции на Самарской Луке.

При разработке проекта Куйбышевской ГЭС стало ясно, что правильное решение по этому грандиозному сооружению возможно лишь при увязке проекта гидроузла со схемой пере-



1-5. Угличская ГЭС на р. Волге.

устройства всей Волги в энергетических, транспортных и ирригационных целях.

Этот замысел начал формироваться по мере продвижения работ по Куйбышевской ГЭС и получил известность под названием «Схемы Большой Волги», которая предусматривает комплексное использование огромных водных ресурсов Волги и ее главного притока Камы.

Развитие тяжелой промышленности и машиностроения, накопление опыта проектирования и сооружения крупных гидроэлектростанций и каналов позволили поставить на очередь строительство на Волге ряда гидроузлов, включая Куйбышевский.

В 1937 г. был закончен сложный комплекс гидротехнических сооружений — канал имени Москвы, соединивший Волгу с Москвой и сделавший ее портом трех морей — Балтийского, Белого и Каспийского. Помимо решения транспортной задачи, канал разрешил проблему снабжения водой г. Москвы и обводнения Москвы-реки.

По каналу общей протяженностью 128 км волжская вода последовательно расположенными пятью насосными станциями поднимается на 40 м на волжско-московский водораздел и далее следует самотеком. Все насосные управляются автоматически из центрального пункта.

На канале, кроме многих сложных инженерных сооружений (10 плотин, 11 шлюзов, десятков мостов и пр.), было построено восемь гидроэлектростанций небольшой и средней мощности.

Главным сооружением канала имени Москвы является Ивановский гидроузел на Волге, расположенный ниже г. Калинин. В состав гидроузла входит гидроэлектростанция мощностью 30 тыс. кВт. Образовавшееся в результате постройки гидроузла водохранилище получило название Московского моря.

Одновременно с окончанием строительства канала имени Москвы на Волге ниже Иванькова началось сооружение Угличского и Рыбинского гидроузлов (рис. 1-5).

Угличская ГЭС мощностью 110 тыс. кВт вступила в эксплуатацию в 1940 г., а первая очередь Рыбинской — в 1941 г. На этих гидроэлектростанциях были установлены поворотнолопастные турбины мощностью по 55 тыс. кВт (при напоре 13,2 м) с рабочими колесами диаметром 9 м. С созданием этих турбин на Ленинградском металлическом заводе СССР вышел на одно из первых мест в мире в области гидротурбостроения.

За 1928—1940 гг. было построено 39 средних и крупных гидроэлектростанций общей мощностью около 1,5 млн. кВт.

К концу 1940 г. выработка электроэнергии гидроэлектростанциями достигла 5,11 млрд. кВт·ч, т. е. превысила дореволюционную в 146 раз! Удельный вес гидроэлектроэнергии в общем электроэнергетическом балансе страны возрос с 4% в 1928 г. до 10,6% в 1940 г.

1-5

Гидроэнергетика в годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.)

В годы войны изменилась география гидроэнергетического строительства. В южных, центральных и северо-западных районах страны было прекращено сооружение гидроэлектростанций общей проектной мощностью около 1 млн. кВт. Гидроэнергостроительство стало осуществляться на Урале и в Средней Азии, куда была перебазирована часть промышленности из временно оккупированных районов. На Урале строились Верхотурская, Аргаяшская и другие ГЭС.

Для энергоснабжения Ташкентского промышленного района сооружалась крупная Фархадская ГЭС на Сырдарье. Водохранилище при этой ГЭС предназначалось для орошения 800 тыс. га хлопковых земель в Южной части Голодной степи. На реках и ирригационных каналах Узбекистана был построен ряд менее крупных гидроэлектростанций.

В Средней Азии строились в общей сложности 40 гидроэлектростанций, причем многие из них были закончены в исключи-

тельно короткие сроки с помощью всего трудящегося населения как народные стройки.

Большое значение имели гидроэлектростанции для энергоснабжения прифронтовых районов. Так, несмотря на близость фронта и частичный демонтаж оборудования громадную роль в снабжении электроэнергией Ленинграда в период блокады сыграла Волховская ГЭС имени В. И. Ленина.

Трудно переоценить значение Верхневолжских ГЭС для электроснабжения Москвы, особенно в зиму 1941—1942 гг., когда они, будучи еще не законченными, подавали до 3,5 млрд. кВт·ч электроэнергии. Этим они освободили для других нужд народного хозяйства свыше 4 млн. т угля.

В годы войны немецко-фашистские войска нанесли большой урон советской энергетике: свыше 60 электростанций, в том числе пять гидроэлектростанций (не считая мелких) — Днепровская, Нижне-Свирская, Кегумская, Кондопожская и Баксанская — общей мощностью 780 тыс. кВт были разрушены. Кроме того, на семи гидроэлектростанциях было демонтировано оборудование общей мощностью 280 тыс. кВт.

За 1941—1945 гг. было введено в эксплуатацию на новых ГЭС 280 тыс. кВт и на восстанавливаемых — около 250 тыс. кВт. Общая мощность гидроэлектростанций СССР составила в 1945 г. 1 252 тыс. кВт, и их выработка — 4,84 млрд. кВт·ч. Удельный вес ГЭС в производстве электроэнергии вырос до 11,2%.

Опыт Великой Отечественной войны еще раз подтвердил правильность положений плана ГОЭЛРО об использовании гидроэнергоресурсов страны и в то же время с особой остротой показал отставание уровня развития гидроэнергетики СССР от требований народного хозяйства. Промышленность районов, получавших электроэнергию полностью или по преимуществу от гидроэлектростанций (Мурманская обл., Армянская, Грузинская, и Узбекская ССР), работала в военное время устойчиво и бесперебойно. В целом ГЭС на неоккупированной территории сэкономили за годы войны более 15 млн. т угля, освободив 15 тыс. железнодорожных составов для других перевозок.

1-6

Гидроэнергетика в годы послевоенных пятилеток (1946—1958 гг.)

Четвертый период развития гидроэнергетики характеризуется восстановлением и реконструкцией разрушенных во время войны гидроэлектростанций и строительством крупных гидроэлектростанций преимущественно в центральных районах страны.

Несмотря на громадные разрушения Днепровской ГЭС коллектив Днепростроя, возглавляемый Ф. Г. Логиновым и

И. И. Кандаловым, в 1947 г. в основном восстановил подпорные сооружения гидроузла и ввел в строй три агрегата ГЭС.

В июне 1950 г. электростанция достигла проектной мощности 650 тыс. кВт. Она было не только возрождена, но и существенно модернизирована, повышен напор и увеличена полезная емкость водохранилища; благодаря применению более мощных (72 тыс. кВт) гидроагрегатов отечественного производства установленная мощность ГЭС на 16% превысила довоенную. Изготовленные ЛМЗ шесть турбин (три были заказаны фирме Ньюпорт-Ньюс, США) развивали большую мощность и имели более высокий к. п. д. (80 Мвт и 93,2%), чем американские (77 Мвт и 92,5%).

По своим конструктивным решениям и общему замыслу ДнепрогЭС до сих пор представляет большой интерес. Опыт ее сооружения, восстановления и эксплуатации был использован в строительстве и эксплуатации более мощных гидроэлектростанций СССР — Волжских имени В. И. Ленина и XXII съезда КПСС, Братской имени 50-летия Великого Октября и других.

Наряду с Днепровской были восстановлены и реконструированы Нижне-Свирская, Волховская, Кегумская на Даугаве (Западной Двине), Нивская II, Раухиальская и некоторые другие гидроэлектростанции.

В законе о четвертом пятилетнем плане (1946—1950 гг.) указывалось: «Развернуть строительство гидроэлектростанций, обеспечив всемерное повышение удельного веса гидроэлектроэнергии по народному хозяйству».

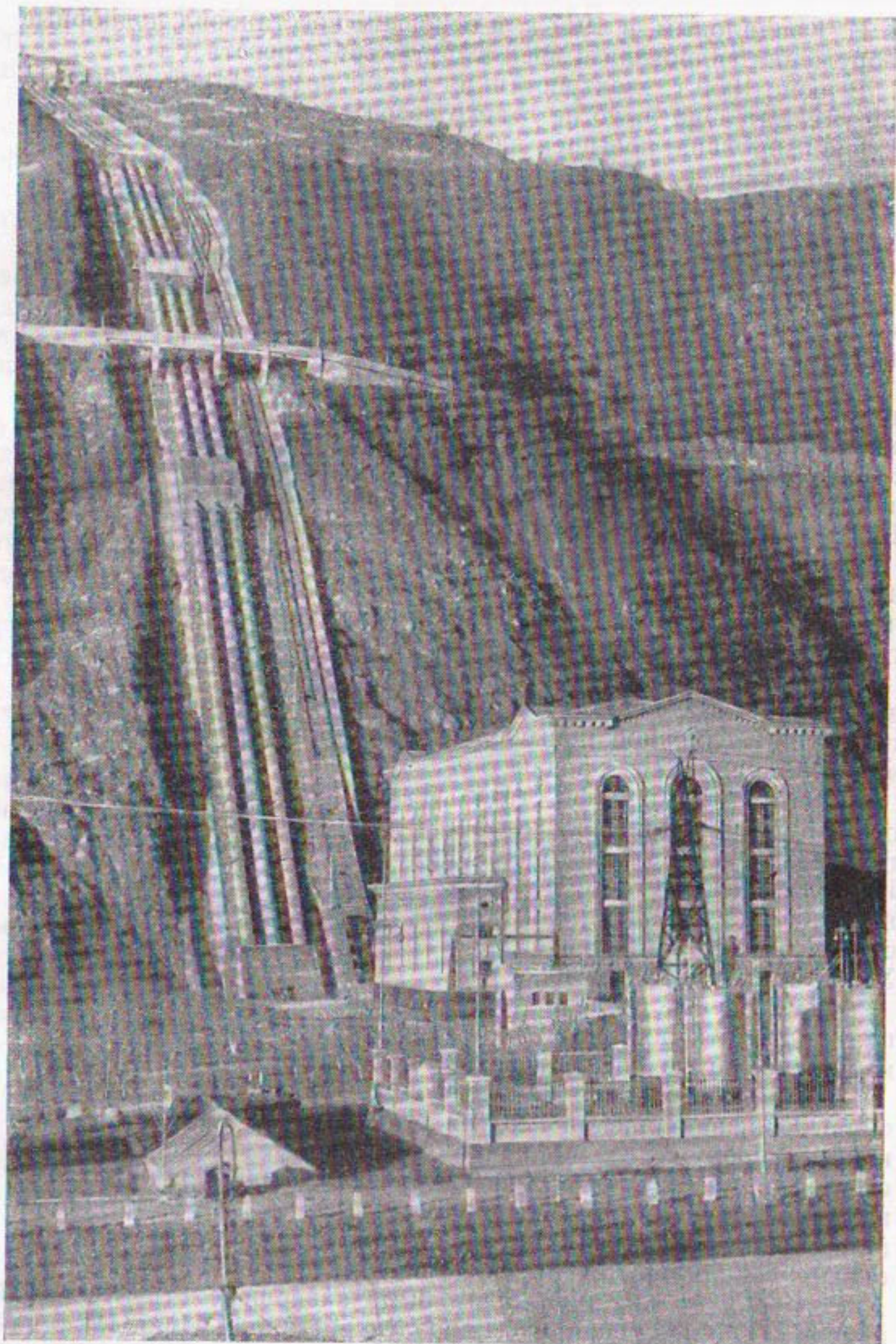
В различных районах страны было приступлено к строительству крупных гидроэлектростанций: Горьковской на Волге, Мингечаурской на Куре в Азербайджане, Усть-Каменогорской на Иртыше в Казахстане, Верхне-Свирской на Свири, Гюмушской на Раздане в Армении, Камской на Каме, Дубоссарской на Днестре в Молдавии, Нарвской на Нарве в Эстонии, Павловской на Уфе в Башкирии и других.

Уже в первые послевоенные годы были введены в эксплуатацию гидроэлектростанции на Северном Кавказе, в Закавказье, на Северо-Западе, в Средней Азии и в некоторых других районах.

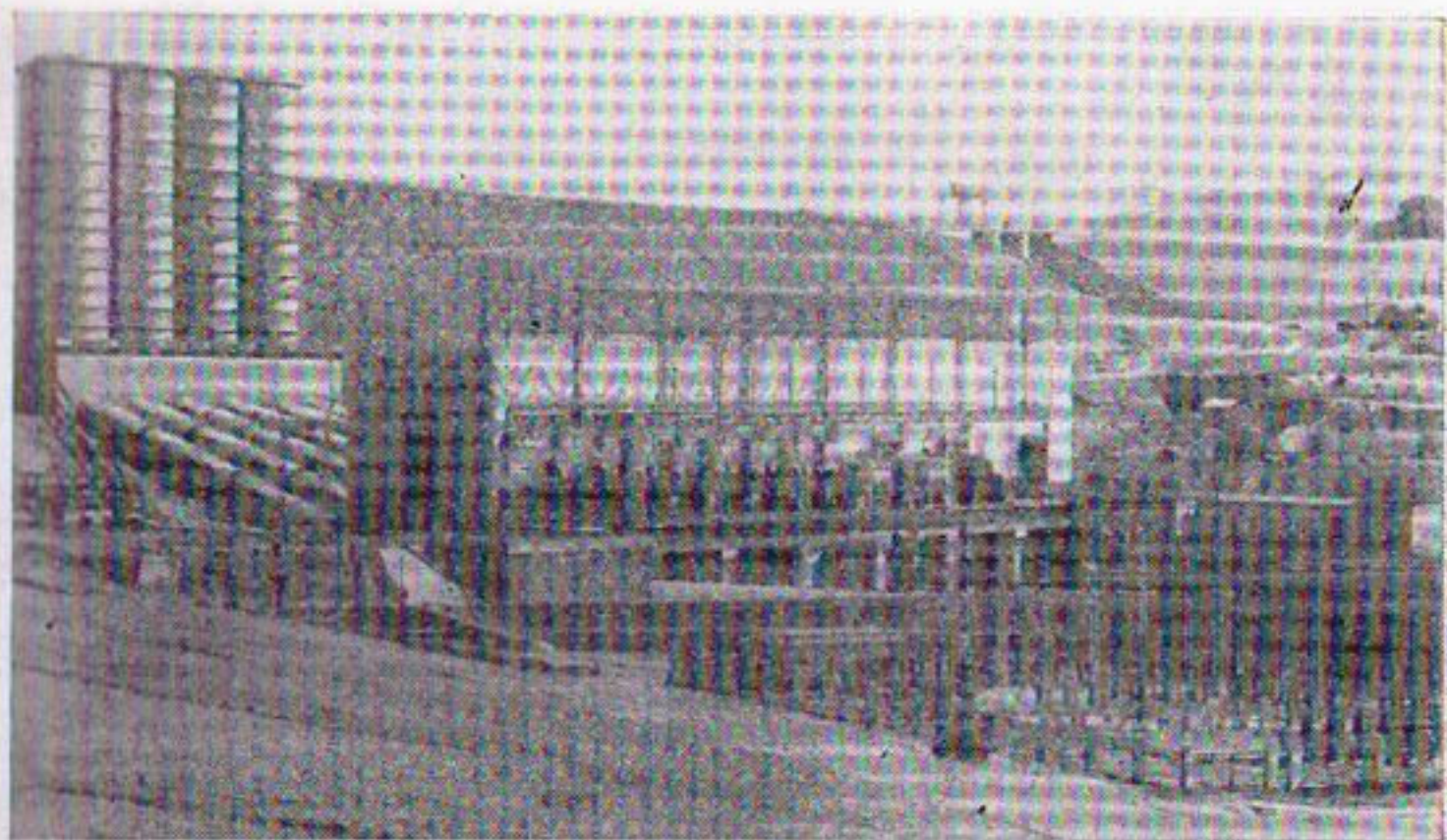
В короткие сроки в районе Сочи была построена деривационная Краснополянская ГЭС на р. Мзымте. В Грузии было закончено сооружение высоконапорной Храмской гидроэлектростанции № 1 (рис. 1-6). Здесь возведена единственная в СССР каменнонабросная плотина со стальным противофильтрационным экраном, пройден один из крупнейших в стране деривационный туннель протяжением свыше 7 км.

В 1949 г. у г. Кандалакши было завершено строительство первой в СССР подземной гидроэлектростанции Нива III с напорным туннелем диаметром 12 м.

Уже в 1947 г. установленная мощность всех гидроэлектростанций достигла довоенного уровня.



1-6. Храмская ГЭС № 1 в Грузии.



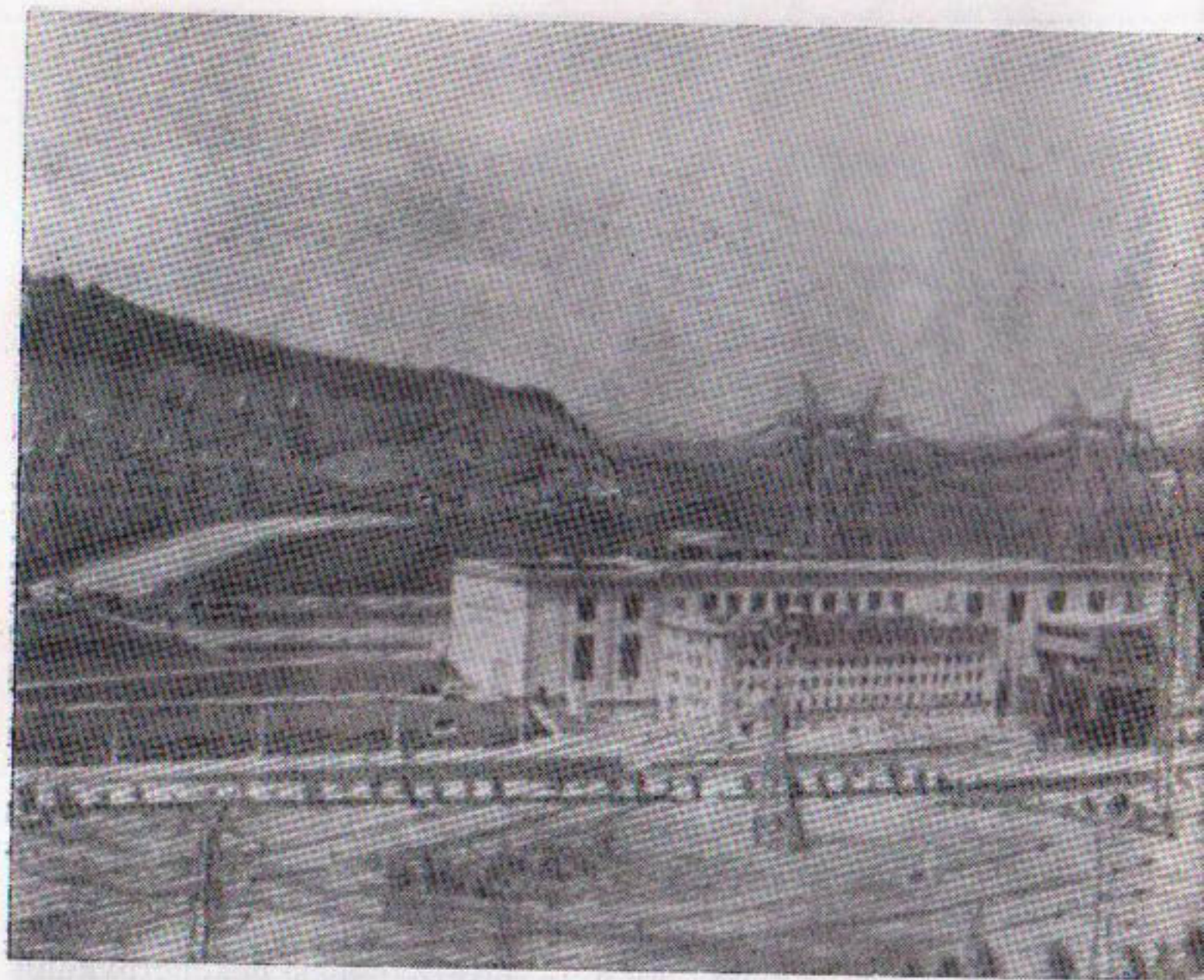
1-7. Мингечаурская ГЭС на р. Кура в Азербайджане.

Одной из основных тенденций в гидроэнергетике в послевоенные годы (наметившейся еще в довоенные годы) явилась разработка схем использования водотоков и создание на реках каскадов гидроэлектростанций. При этом не только решались задачи энергоснабжения, но и осуществлялись реконструкция и развитие водного транспорта, обеспечивались водой различные отрасли народного хозяйства и, прежде всего, орошение и обводнение засушливых земель, производилось регулирование стока рек в целях борьбы с наводнениями и пр.

Так, например, в результате сооружения Мингечаурской ГЭС (рис. 1-7), предназначенной для энергоснабжения промышленности и сельского хозяйства Азербайджанской ССР, было орошено до 1,3 млн. га плодородных земель, улучшены условия судоходства, ликвидирована опасность наводнений на нижнем участке Куры, оздоровлены малярийные районы республики.

Другим примером комплексного подхода к строительству гидротехнических сооружений является Цимлянская ГЭС на Дону, построенная в исключительно короткий срок (1948—1952 гг.). Одновременно с Цимлянским гидроузлом вошел в эксплуатацию Волго-Донской судоходный канал имени В. И. Ленина. До сооружения этого канала Волга была связана с тремя морями. Теперь в результате создания Волго-Донского водного пути низовья Волги соединились с Азовским и Черным морями.

Постройкой Цимлянского гидроузла был решен комплекс народнохозяйственных задач: создан глубоководный путь, обеспечено энергоснабжение и орошение плодородных земель Волгоградской и Ростовской областей.



1-8. Волжская ГЭС имени

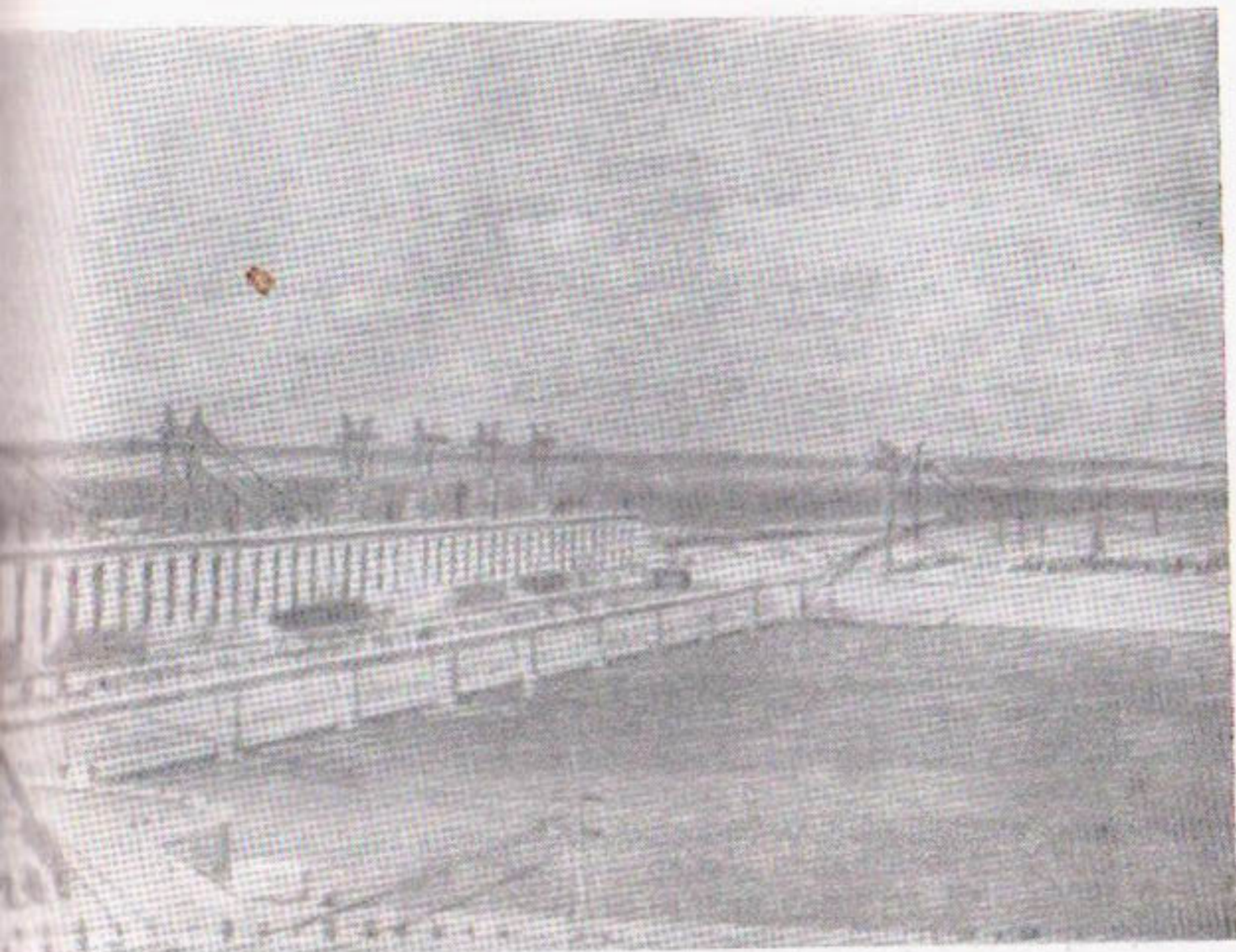
В 50-е годы широко развернулись гидротехнические работы по созданию каскадов гидроэлектростанций на Волге, Каме, Днепре, Раздане и других реках страны.

На Волге было завершено строительство Рыбинской ГЭС. Образованное двумя плотинами — бетонной водосливной на Волге и земляной на ее притоке Шексне (в двух километрах от устья) — большое водохранилище служит для регулирования стока верхней Волги и Шексны.

В 1948—1956 гг. была построена Горьковская ГЭС.

Наибольший размах работы по созданию Волжского каскада ГЭС получили после опубликования в августе 1950 г. постановлений Правительства о строительстве Куйбышевского и Волгоградского гидроузлов.

Около г. Ставрополя Волга, встречая Жигулевские горы, огибает их и образует большую петлю, так называемую Самарскую Луку. Здесь, в начале Самарской Луки, выше г. Куйбышева и располагается Куйбышевский гидроузел. К моменту ввода на проектную мощность (1957 г.) — 2 100 тыс. квт — Волжская ГЭС имени В. И. Ленина была самой крупной в мире (рис. 1-8).



В. И. Ленина.

В здании ГЭС установлено 20 гидроагрегатов с поворотнolопастными турбинами по 115 тыс. кВт, в то время крупнейшие в мире. Построенные на песчаных и глинистых грунтах водосбросные сооружения Куйбышевского гидроузла рассчитаны на пропуск паводковых расходов воды более 70 тыс. м³/сек.

За короткие сроки на Куйбышевгидрострое были выполнены огромные объемы земляных и бетонных работ: 100 млн. м³ выемки, более 60 млн. м³ насыпи и 7,67 млн. м³ бетонной кладки.

Волгоградский гидроузел (1951—1962 гг.) по своим размерам, напору и условиям строительства в основном сходен с Куйбышевским. Он расположен выше Волгограда. Установленная мощность гидроэлектростанции 2541 тыс. кВт; на ней работают такие же агрегаты, как и на Волжской ГЭС имени В. И. Ленина, но здесь их на два больше.

Велико комплексное значение двух наиболее крупных волжских гидроузлов — Куйбышевского и Волгоградского. Их роль в создании Единой энергосистемы Европейской части СССР трудно переоценить. О транспортном значении этих гидроузлов будет сказано ниже. Водохранилища этих ГЭС создали реаль-

ную возможность орошения до 2 000 тыс. га плодородных засушливых земель в прилегающих районах.

В эти же годы недалеко от Перми была построена первая гидроэлектростанция на Каме. Камская ГЭС оригинальной конструкции совмещает водосливную плотину и здание ГЭС, чем достигается экономия в стоимости бетонных сооружений. Такой тип мощной гидроэлектростанции был построен впервые в мире (автор проекта Б. К. Александров — ныне член-корреспондент АН СССР). Здесь впервые в СССР был установлен опытный горизонтальный гидроагрегат с поворотнлопастной турбиной.

В 1954 г. на Каме было начато строительство второй гидроэлектростанции — Воткинской — мощностью 1 млн. кВт.

В 1956 г. была введена в эксплуатацию на полную мощность нижняя ступень Днепровского каскада — Каховская ГЭС. Одновременно с ней строились Южно-Украинский и Северо-Крымский оросительные каналы.

Каховский гидроузел имеет большое комплексное народнохозяйственное значение: созданное водохранилище полезным объемом 6,8 млрд. м³ стало надежной базой для орошения в перспективе около 1,5 млн. га плодородных земель юга Украины и Северного Крыма, а также для водоснабжения Криворожского железорудного бассейна (для чего был в последующие годы построен канал Днепр — Кривой Рог).

В 1954—1956 гг. было начато строительство следующих после Днепрогэса ступеней каскада — Днепродзержинской и Кременчугской гидроэлектростанций. Широким фронтом шло сооружение каскада гидроэлектростанций на р. Раздан в Армении. Строились ГЭС в Грузии, на Северном Кавказе.

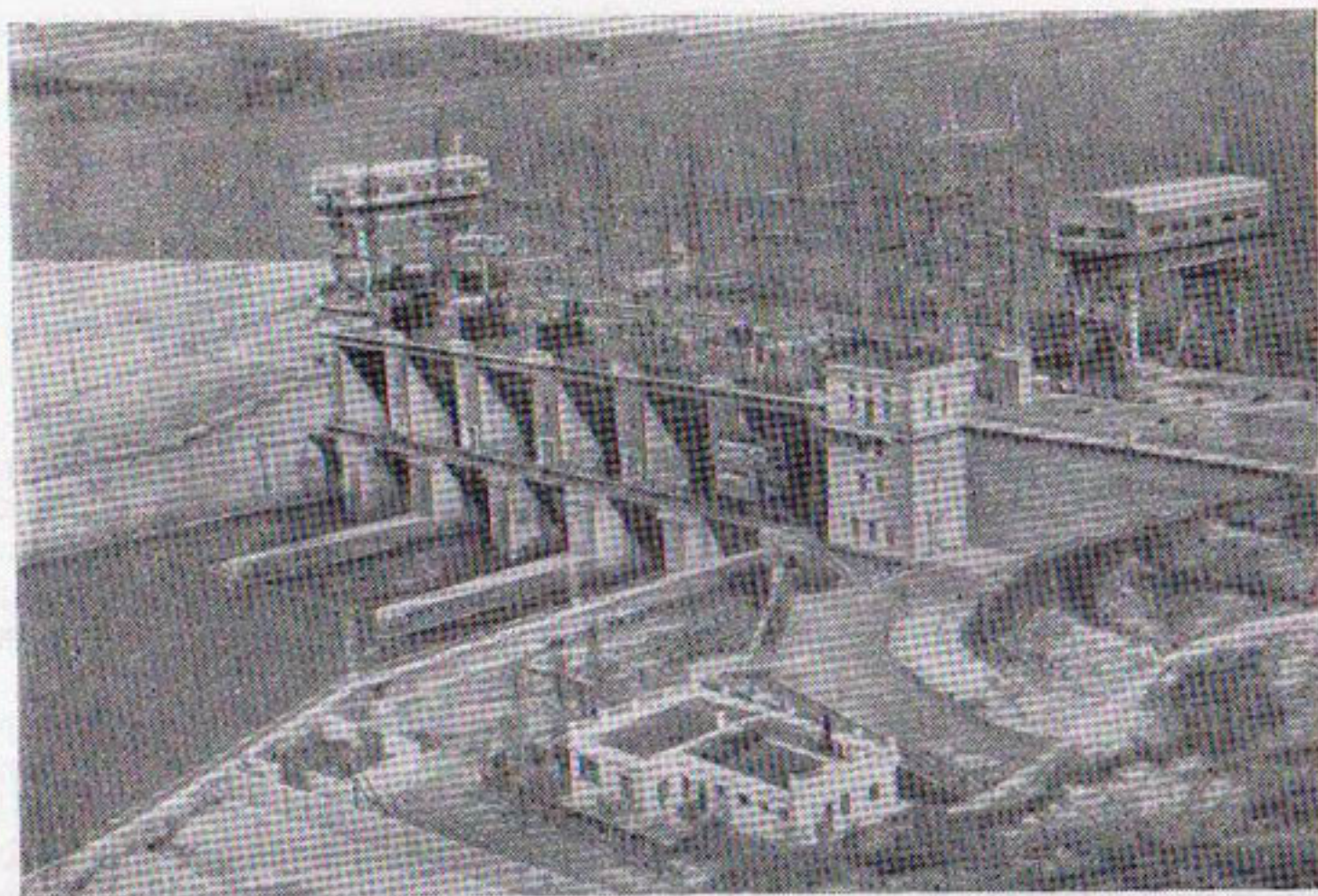
В Северо-Западном районе было завершено создание каскадов ГЭС на реках Свири и Ниве, были построены Князегубская, Пальеозерская, Ондская и другие гидроэлектростанции.

Еще в 1950 г. Совет Министров СССР принял решение «О строительстве главного Туркменского канала Амударья — Красноводск, об орошении и обводнении земель южных районов Прикаспийской равнины Западной Туркмении, низовьев Амударьи и западной части пустыни Кара-Кумы»¹.

В Средней Азии наряду с небольшими гидроэлектростанциями была сооружена Кайраккумская ГЭС на р. Сырдарье мощностью 126 тыс. кВт (рис. 1-9). Созданное здесь водохранилище обеспечило возможность гарантированной подачи воды в маловодные годы для орошения земель в Голодной степи.

В рассматриваемый период построены первые крупные гидроэлектростанции в Казахстане — Усть-Каменогорская на Иртыше, в Сибири — Новосибирская на Оби и Иркутская на Ангаре. Были начаты подготовительные работы к строительству Братской и Красноярской гидроэлектростанций.

¹ «Правда», 12/IX 1950 г.



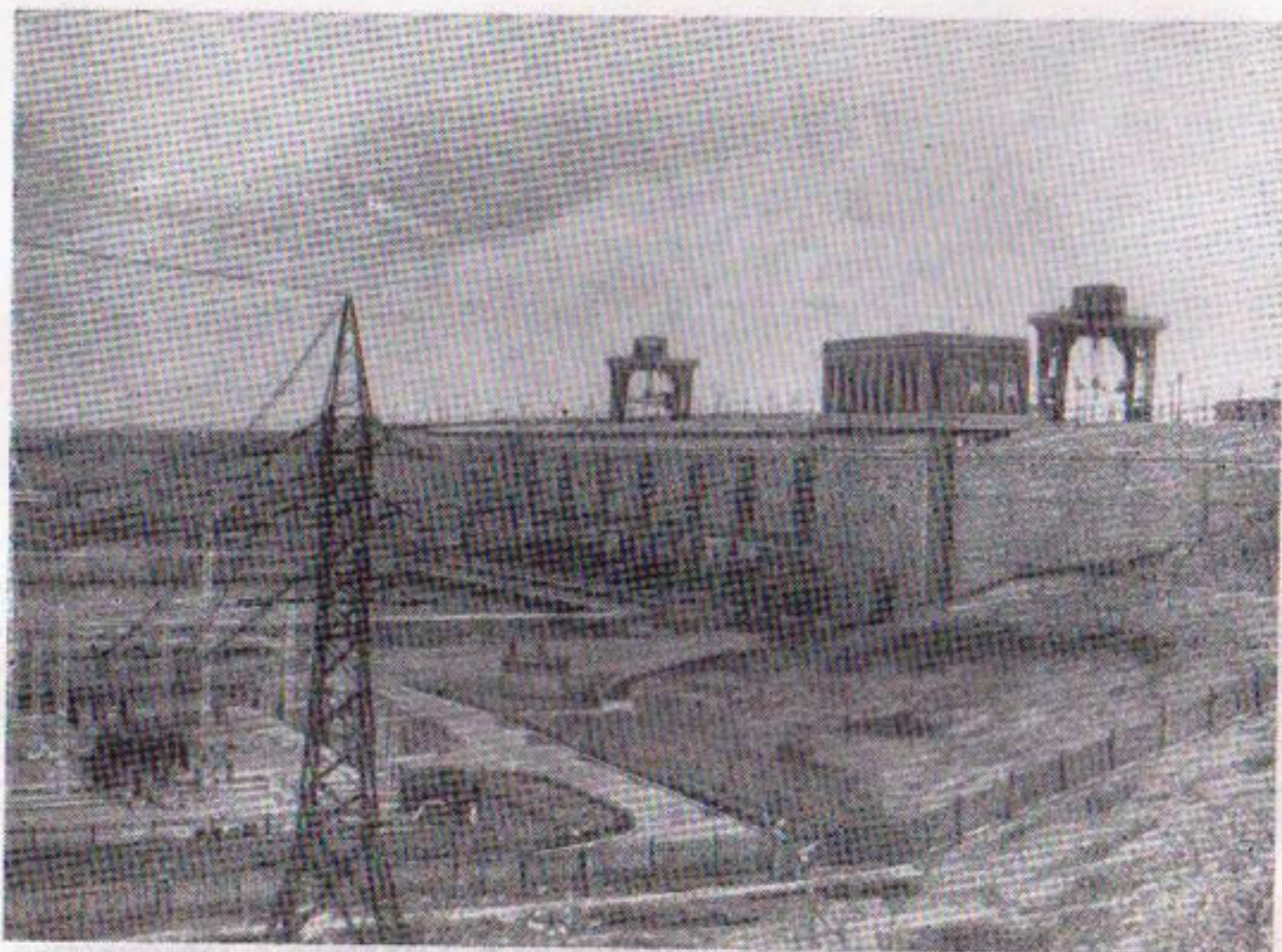
1-9. Кайраккумская ГЭС «Дружба народов» на р. Сырдарье в Таджикистане.

Новосибирский гидроузел находится выше Новосибирска и включает здание ГЭС с семью гидроагрегатами мощностью по 56,5 тыс. кВт; бетонную водосливную и земляные плотины, трехкамерный шлюз. По плотинам, зданию ГЭС и мосту через шлюз проходят железная и шоссейная дороги.

Строительством верхней ступени Ангарского каскада — Иркутской ГЭС было положено начало освоения Ангары, запасы гидроэнергии которой превосходят гидроресурсы Волги, Камы и Днепра, вместе взятых. Подробное энергетическое изучение Ангары, а также Енисея, было начато еще в начале 30-х годов коллективом изыскателей и проектировщиков во главе с крупными инженерами и учеными И. Г. Александровым, В. М. Малышевым и Н. Н. Колосовским. Прерванные войной эти работы еще с большим размахом были продолжены в послевоенные годы. Они завершились разработкой схемы использования р. Ангары (под руководством П. М. Дмитриевского).

Особенностью Иркутской ГЭС (рис. 1-10) является отсутствие в составе ее сооружений бетонной водосливной плотины. Русло реки перекрыто земляной насыпной плотиной (из гравийно-галечных грунтов с суглинистым ядром) высотой 44 м, длиной 2500 м, объемом 11,6 млн. м³ и зданием ГЭС, в котором имеются отверстия для сброса паводковых расходов воды.

Как уже отмечалось, рассматриваемый период развития гидроэнергетики прежде всего характерен использованием гидро-



1-10. Иркутская ГЭС на р. Ангаре.

энергоресурсов центральных районов страны, что было сопряжено со строительством гидроузлов на равнинных многоводных реках, в створах, часто имеющих большую протяженность и не скальные основания.

В строительстве низко- и средненапорных гидроузлов на мягких основаниях советские гидростроители достигли больших успехов и заняли ведущее место в мире как по научным исследованиям и компоновочно-конструктивным решениям, так и по методам производства работ.

Еще при строительстве Нижне-Свирской ГЭС впервые был решен вопрос постройки тяжелых гидротехнических сооружений на глинистых грунтах.

Теперь уже многие крупные бетонные сооружения Куйбышевского, Волгоградского, Каховского, Горьковского и некоторых других гидроузлов успешно возведены на не скальных — глинистых и песчаных основаниях. Характерными для большинства этих гидроузлов являются: воспринимающие напор здания ГЭС, русловые бетонные водосливные плотины распластанного профиля и земляные намывные плотины, как правило, большой длины.

В процессе проектирования и строительства гидроэлектростанций была решена и другая серьезная задача — значительно уменьшен объем бетонных работ за счет сокращения водо-

сливного фронта гидроузлов. Это было достигнуто путем строительства зданий ГЭС совмещенного типа и повышения удельных расходов воды, сбрасываемых через водослив.

Наличие на местах строительства неограниченных запасов аллювиальных песчаных отложений, хорошо поддающихся разработке и укладке средствами гидромеханизации, привело к отказу от насыпных плотин, возведение которых требовало в то время сосредоточения большого количества землеройных и транспортных машин и вело к усложнению и удорожанию работ¹.

Намывные плотины из песчаных материалов, статическая и динамическая устойчивость которых была подтверждена обширными теоретическими и экспериментальными работами советских гидротехников, стали основным типом подпорных сооружений при строительстве гидроузлов на равнинных реках.

В Советском Союзе были успешно разработаны эффективные методы намыва плотин. Впервые в истории гидротехнического строительства намыва за один сезон земляная плотина Цимлянского гидроузла объемом 28 млн. м³. Методом торцового безэстакадного намыва возведена из гравелисто-песчаных грунтов с ядром из тяжелых супесей плотина Мингечаурского гидроузла высотой 81 м.

В процессе строительства крупных гидроузлов разработаны и освоены скоростные методы перекрытия русл многоводных рек.

Одновременно с оснащением гидроэлектростанций новым отечественным оборудованием проведена большая работа по автоматизации и телемеханизации эксплуатации гидроэлектростанций. Еще до 1955 г. все районные гидроэлектростанции были автоматизированы и более 60% из них переведены на телеуправление. Впервые телеуправление многими гидроэлектростанциями осуществлено на Чирчик-Бозсуйском каскаде ГЭС в Узбекской ССР.

За рассматриваемый период развития гидроэнергетики установленная мощность гидроэлектростанций увеличилась с 1,25 млн. кВт в 1945 г. до 10,86 млн. кВт в 1958 г., т. е. на 9,61 млн. кВт.

Производство электроэнергии на гидроэлектростанциях увеличилось с 4,84 до 46,48 млрд. кВт·ч, а их доля в общем производстве электроэнергии возросла с 11,2 до 19,7%.

В начале 1959 г. в эксплуатации находилось около 120 средних и крупных гидроэлектростанций общей установленной мощностью свыше 9 млн. кВт.

¹ Однако, как показывает мировой опыт гидротехнического строительства, современное землеройно-транспортное оборудование: самоходные скреперы, мощные бульдозеры, быстроходные транспортные средства — по экономическим показателям не только не уступают гидромеханизации, но в некоторых случаях и превосходят ее.

Гидроэнергетика в годы семилетия [1959—1965 гг.] и последнего пятилетия [1966—1970 гг.]

Период развития гидроэнергетики 1959—1970 гг. прежде всего характеризуется строительством крупных и крупнейших гидроэлектростанций в восточных районах страны, переходом к высшему классу мощностей гидроэлектростанций и гидроагрегатов, к строительству высоконапорных гидроэлектростанций.

Природные богатства Сибири поистине неисчерпаемы. Здесь сосредоточено до 75% всех имеющихся в СССР запасов угля, четыре пятых лесных богатств, крупнейшие месторождения цветных и редких металлов, железных руд, нефти, химического сырья. Большие возможности имеются здесь и для развития сельского хозяйства — для производства зерна и продуктов животноводства. Советский Союз располагает всеми необходимыми средствами и ресурсами для того, чтобы осваивать восточные районы страны усиленными темпами, поставить их несметные природные богатства на службу коммунистическому строительству.

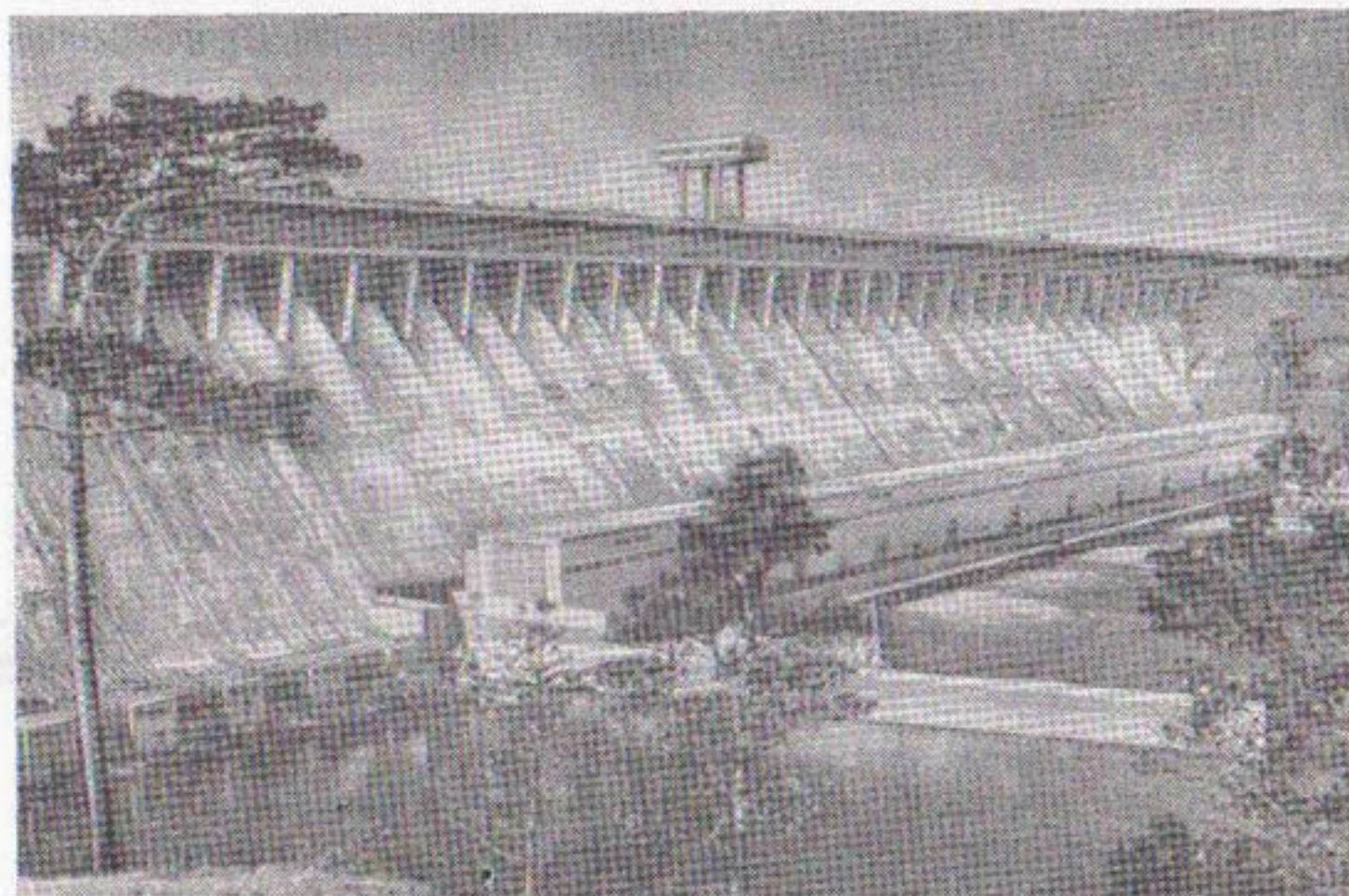
Для развития производительных сил восточных районов необходима мощная энергетическая база.

В азиатской части страны сосредоточено более 80% гидроэнергетических ресурсов СССР. Природные условия восточных районов и, прежде всего, Сибири и Средней Азии благоприятны для гидроэнергетического строительства. Здесь протекают многоводные реки — Енисей, Ангара, Обь, Иртыш, Вахш, Пяндж и другие.

Надежные скальные основания, сравнительно неширокие створы, большие напоры и расходы воды, позволяющие концентрировать в одной установке большие мощности и создавать крупные регулирующие водохранилища при сравнительно небольших затоплениях, — все это дает возможность сооружать здесь высокоэффективные гидроэлектростанции, более экономичные, чем в центральных районах СССР. Например, удельные капитальные вложения при строительстве ангарских и енисейских гидроэлектростанций ниже, чем для волжских ГЭС в 2,5—3 раза.

Первыми крупными гидроэлектростанциями, построенными в восточных районах страны, были Усть-Каменогорская, Новосибирская и Иркутская.

Для создания прочной энергетической базы рудного Алтая на Иртыше была построена вторая гидроэлектростанция — Бухтарминская — верхняя ступень Иртышского каскада ГЭС. В комплекс ее сооружений входят: высокая (90 м) бетонная плотина, здание ГЭС с девятью гидроагрегатами и четырехкамерный шлюз. В процессе строительства мощность ГЭС была



1-11. Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября на р. Ангаре.

увеличена примерно в полтора раза и в 1966 г. она достигла 675 тыс. кВт.

Важнейшим районом гидроэнергетического строительства в 1959—1970 гг. является Центральная Сибирь.

Знаменательным этапом в освоении гидроэнергоресурсов крупнейших рек Сибири было сооружение на Ангаре второй гидроэлектростанции невиданной в то время мощности — Братской имени 50-летия Великого Октября (рис. 1-11).

Братская ГЭС построена в Падунском сужении, на порожи-стом участке реки. Здесь Ангара протекала в сравнительно узком русле шириной менее километра, между обрывистыми берегами высотой 70—80 м. За сравнительно небольшой срок (1954—1966 гг.) в необжитом, удаленном от крупных городов районе построена мощная гидроэлектростанция, комплекс промышленных предприятий и город Братск.

В состав Братского гидроузла входят: русловая бетонная плотина наибольшей высотой 125 м с водосливом; здание ГЭС, рассчитанное на установку 20 гидроагрегатов по 225 тыс. кВт; береговые бетонные и земляные плотины. По плотинам проходит железнодорожная магистраль Тайшет — Лена и автомобильная дорога.

Первые гидроагрегаты ГЭС были введены в эксплуатацию в 1961 г., а в 1967 г. она достигла мощности в 4,1 млн. кВт в 18 агрегатах, из которых два имеют мощность по 250 тыс. кВт. Братская ГЭС вырабатывает в средний по водности год столько же

электроэнергии, сколько ее производят две крупнейшие Волжские гидроэлектростанции — имени В. И. Ленина и XXII съезда КПСС.

За выдающиеся успехи, достигнутые в сооружении Братской гидроэлектростанции, и большой вклад, внесенный в разработку и внедрение новых технических решений и прогрессивных методов труда при строительстве гидросооружений, линий электропередачи и монтаже оборудования десяти строителям и монтажникам в феврале 1966 г. было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Группе работников Министерства энергетики и электрификации СССР, Братскгэсстроя и Гидропроекта была присуждена Ленинская премия 1968 г.

В 1962 г. было начато строительство третьей гидроэлектростанции на Ангаре — Усть-Илимской, примерно такой же мощности, как и Братская ГЭС.

Огромными запасами гидроэнергоресурсов обладает Енисей. На этой реке предполагается построить крупные гидроэлектростанции суммарной мощностью около 20 млн. кВт с выработкой 130 млрд. кВт·ч электроэнергии в год.

Первая гидроэлектростанция на Енисее — Красноярская — сооружена выше Красноярска. Здесь, на прочном скальном основании возведена бетонная плотина длиной 1100 м и высотой до 124 м с водосливом, здание ГЭС, рассчитанное на установку 12 гидроагрегатов с радиально-осевыми турбинами мощностью по 508 Мвт. В состав основных сооружений гидроузла входит также наклонный судоподъемник с поворотным устройством, уникальный по напору и пропускной способности.

Первые два агрегата Красноярской ГЭС вошли в эксплуатацию в канун 50-летия Советского государства, а в марте 1970 г. она достигла мощности в 5 млн. кВт.

Красноярская ГЭС, так же как и Братская, является основным опорным пунктом объединенной энергетической системы Центральной Сибири.

Еще более крупная гидроэлектростанция — Саяно-Шушенская — строится на верхнем участке Енисея. В ее состав войдут: высокая (до 240 м) бетонная плотина и приплотинное здание ГЭС с 10 гидроагрегатами. На притоке Енисея р. Хантайке сооружается самая северная в стране ГЭС — Хантайская.

В совершенно необжитом районе Восточной Сибири на р. Вилюе в 1960—1968 гг. была построена первая очередь Вилюйской ГЭС. Строителям и проектировщикам этой станции пришлось преодолеть большие трудности, связанные с возведением крупных гидротехнических сооружений (бетонных и из местных материалов) на вечной мерзлоте.

В 1964 г. было начато строительство первой мощной гидроэлектростанции на Дальнем Востоке — Зейской. Начало крупного гидроэнергостроительства в этом районе страны диктуется

Таблица 1-1

Крупные комплексные гидроузлы Средней Азии и Казахстана

Гидроузел	Река	Объем водохранилища, млн. м ³		Возможная площадь орошения, тыс. га	Мощность ГЭС, тыс. кВт
		полный	полезный		
Нурекский	Вахш	10 400	4 500	Около 1 000 *	2 700
Чардаринский	Сырдарья	5 700	4 700	600	100
Капчагайский	Или	28 100	6 600	**	434
Токтогульский	Нарын	19 500	14 000	480 ***	1 200
Кайраккумский	Сырдарья	4 160	2 600	300	126
Чарвакский	Чирчик	2 000	1 580	240 ****	600

* С учетом влияния Тюя-Муюнского водохранилища, намечаемого к строительству в низовьях Амударьи.

** Зарегулирование стока р. Или избавит от ежегодных затоплений обширную площадь в низовьях реки, что позволит использовать эти земли для сельского хозяйства.

*** Кроме того, улучшается водообеспечение 630 тыс. га существующих орошаемых земель.

**** То же 330 тыс. га.

двумя основными причинами: необходимостью создания мощного источника электроснабжения для развивающейся промышленности и необходимостью борьбы с разрушительными наводнениями в бассейне Амура.

Следующий после Сибири район широкого гидроэнергостроительства — Средняя Азия. Здесь наряду с благоприятными условиями использования гидроресурсов имеется большая потребность в регулировании стока рек с целью орошения плодородных земель.

Большинство гидроузлов Средней Азии, а также Казахстана, не говоря уже о таком крупнейшем гидротехническом сооружении, каким является Каракумский канал, имеет комплексное назначение. Здесь решаются проблемы орошения земель, энергоснабжения и водоснабжения промышленности, сельского хозяйства и городов.

На важнейших водотоках этого района — Амударье и Сырдарье и их притоках — строятся, как правило, комплексные гидроузлы с крупными водохранилищами, позволяющими орошать большие массивы плодородных земель (табл. 1-1).

В рассматриваемый период на Сырдарье была построена Чардаринская ГЭС (рис. 1-12), первые гидроэлектростанции на Вахше — Головная и Нарыне — Учкурганская. Сейчас на этих реках ведется строительство крупнейших ГЭС Средней Азии — Нурекской с высокой каменно-земляной плотинной (310 м) и Токтогульской с плотинной высотой 226 м. Близится к концу сооружение Чарвакской ГЭС — самой крупной гидроэлектростанции Чирчик-Бозсуйского каскада.

В Южном Казахстане на р. Или завершается сооружение мощной Капчагайской ГЭС.



1-12. Чардаринская ГЭС на р. Сырдарье в Узбекистане.

В Казахстане заканчивается строительство (1962—1971 гг.) важнейшего для народного хозяйства республики сложного комплекса гидротехнических сооружений — канала Иртыш — Караганда. Назначение этого комплекса — обеспечить надежное водоснабжение промышленных районов и сельского хозяйства Центрального Казахстана. В водном балансе канала предусмотрено орошение 120 тыс. га земель в Павлодарской и Карагандинской областях.

Головной водозаборный гидроузел канала с земляной плотинной высотой около 32 м и насосной станцией производительностью 75 м³/сек расположен на левобережной протоке Иртыша — р. Белой, выше г. Ермака. Общая длина трассы канала 458 км, в том числе по искусственным каналам 354 км и по водохранилищам 101 км. Заканчивается канал у г. Караганды.

Насосные станции общей установленной мощностью 350 тыс. кВт поднимают иртышскую воду на водораздел рек Шидерты и Нуры на высоту 416 м. Пропускная способность канала 2 000 млн. м³ воды в год (полезная подача воды 1 720 млн. м³).

В составе комплекса кроме 34 участков канала и 25 насосных станций возводится большое количество других инженерных сооружений: 14 земляных плотин, 12 водосбросов, водовыпусков и перепадов, 17 мостовых переходов, линии электропередачи напряжением 35—110—220 кВ для питания насосных станций общей протяженностью более 700 км и другие сооружения.

Работы ведет строительная организация Иртышканалстрой МЭиЭ СССР.

Развитие гидроэнергетики в районах европейской части страны в 1959—1970 гг. связано с завершением работ по созданию каскадов ГЭС на Волге, Каме, Нижнем Днепре, с дальнейшим освоением гидроэнергоресурсов районов Северо-Запада, Северного Кавказа и Закавказья, не располагающих собственными запасами топливных ресурсов и удаленных от топливных баз восточных районов страны.

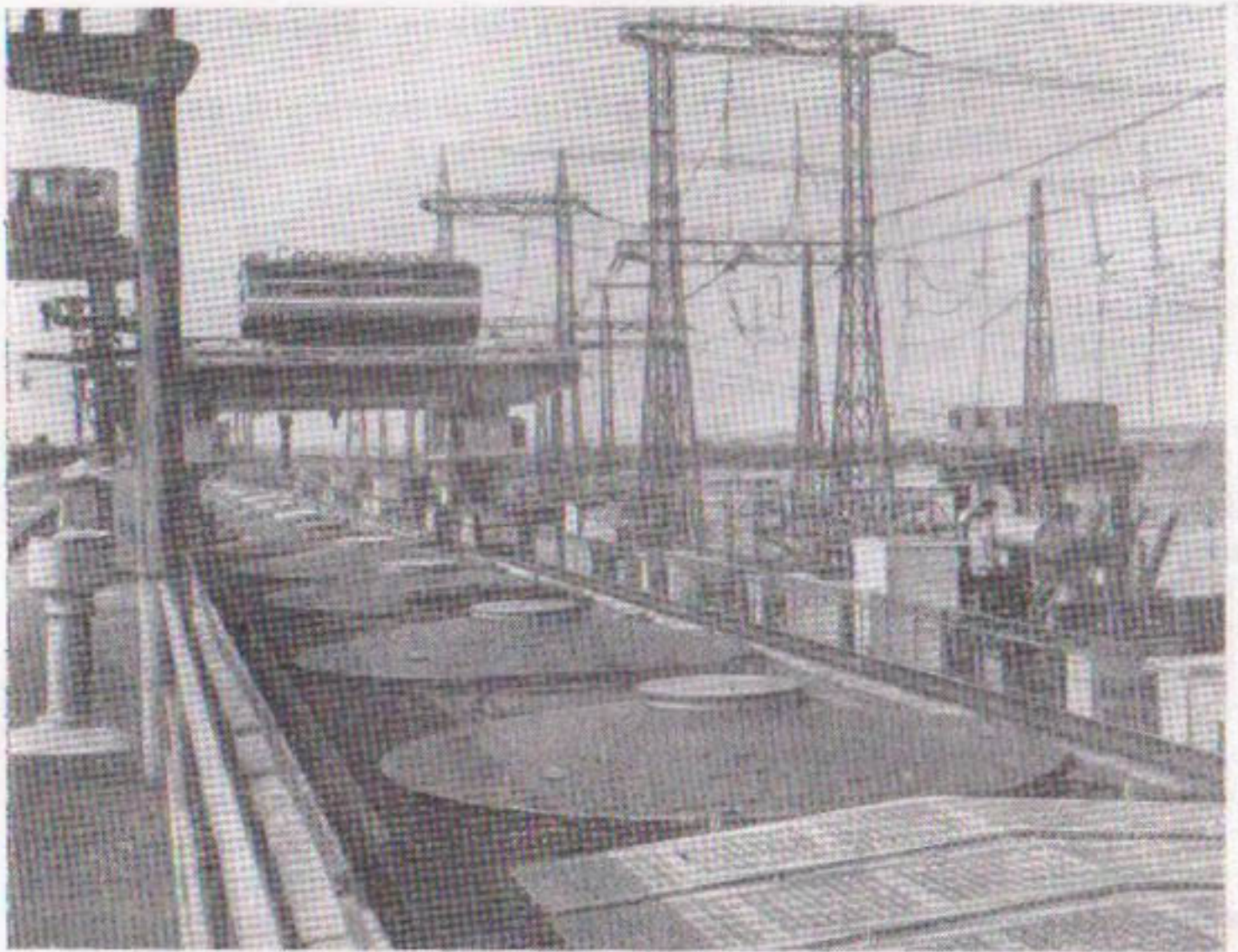
В 1962 г. достигла проектной мощности крупнейшая гидроэлектростанция Европы — Волжская имени XXII съезда КПСС. В 1967 г. были введены первые агрегаты Саратовской ГЭС на Волге, а в следующем году было начато строительство практически последней гидроэлектростанции Волжского каскада — Чебоксарской. На Каме введена в эксплуатацию Воткинская ГЭС и начато строительство Нижне-Камской ГЭС.

Была завершена коренная реконструкция Волго-Балтийского водного пути. Существовавшая с начала прошлого века Мариинская воднотранспортная система не могла пропускать возросшие грузопотоки: по ней плавали лишь небольшие речные суда; от Рыбинска до Ленинграда грузы шли нередко до 30 суток и даже более. Коренной реконструкции подвергся участок между Онежским озером и Рыбинским водохранилищем протяженностью 361 км. Вместо 38 мелких деревянных шлюзов построено пять крупных гидроузлов с семью шлюзами. В составе Череповецкого гидроузла сооружена ГЭС мощностью 80 тыс. кВт с горизонтальными капсульными гидроагрегатами.

В результате решена важная народнохозяйственная проблема: образован современный водный путь из Волжского бассейна в Балтийское море, продолжительность плавания по которому сократилась до 2—2,5 суток, стоимость перевозок снизилась в 5—7 раз.

Волжско-Камский каскад гидроэлектростанций, образовавший систему водохранилищ, которая позволяет перераспределять сток по временам года в соответствии с требованиями народного хозяйства, является ярким свидетельством комплексного подхода к использованию водных ресурсов в нашей стране. Гидроэлектростанции каскада суммарно будут вырабатывать столько электроэнергии, сколько ее производилось в СССР в 1940 г. Ее себестоимость в 4—5 раз ниже себестоимости электроэнергии тепловых электростанций в районах Поволжья и Центра.

Волжские и Камские ГЭС уже сейчас позволяют экономить ежегодно примерно 25—30 млн. т каменного угля. Их роль возрастает по мере ввода в действие тепловых электростанций с крупными энергоблоками, так как на ГЭС все в большей степени возлагаются функции регулирования графика нагрузки энергосистем.



1-13. Кременчугская ГЭС имени 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции на р. Днепре.
Вид на здание ГЭС сверху.

Емкие водохранилища и мощные ГЭС создали надежную базу для снабжения сельского хозяйства водой и дешевой электроэнергией для перекачивания воды на орошаемые массивы плодородных земель Заволжья. Велика роль волжских и камских водохранилищ в водоснабжении промышленности, городов и рабочих поселков.

Создание каскада ГЭС в значительной мере улучшило судоходные условия: образовался глубоководный путь с едиными гарантированными глубинами (3,65 м) на протяжении 3 000 км на Волге и 1 200 км на Каме. В результате этого себестоимость перевозок в Волжском бассейне уже сейчас примерно в 2,3 раза ниже средней по внутренним водным путям и вдвое ниже, чем на прилегающих железных дорогах.

Два десятилетия Днепрогэс была единственной гидроэлектростанцией на Днепре. В 50-х годах была построена Каховская ГЭС. В 1959—1960 гг. введена в эксплуатацию Кременчугская ГЭС. Здесь впервые в СССР осуществлено здание ГЭС без машинного зала: генераторы защищены индивидуальными крышками (рис. 1-13). Такое же решение принято и для Днепродзержинской ГЭС.

Созданное в результате постройки Кременчугского гидроузла водохранилище позволило зарегулировать сток реки и без дополнительных затрат увеличить годовую выработку энергии на Днепродзержинской, Днепровской имени В. И. Ленина и Каховской гидроэлектростанциях более чем на 700 млн. *квт·ч*. Это равносильно постройке крупной электростанции. Кроме того, являясь надежным резервом воды, Кременчугское водохранилище позволяет значительно увеличить мощность Днепровской и Каховской гидроэлектростанций.

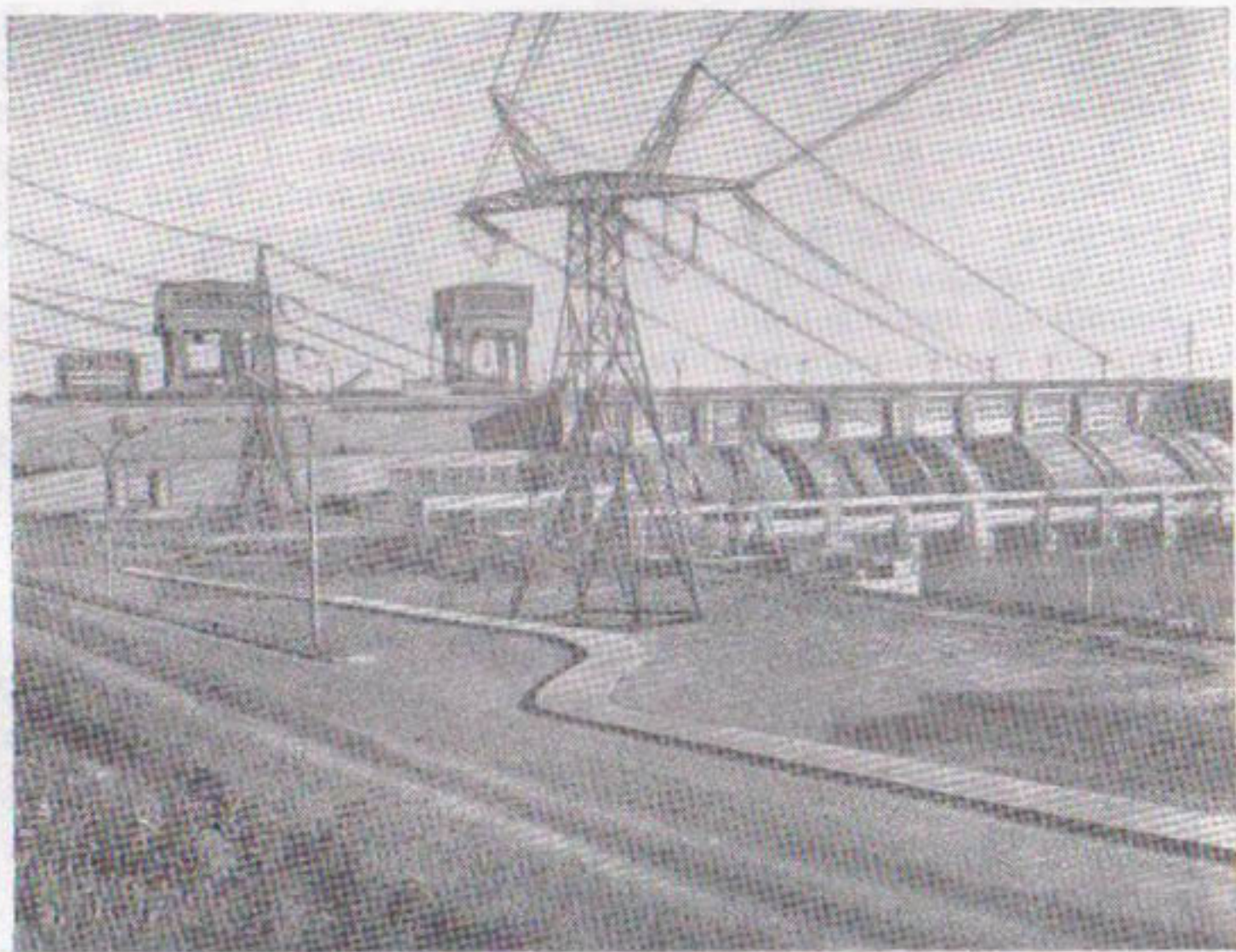
В 1963—1964 гг. была введена в эксплуатацию Днепродзержинская ГЭС, а в 1965—1968 гг. — Киевская ГЭС. Установка на последней горизонтальных капсульных агрегатов существенно упростила строительные формы подводной части здания ГЭС и создала благоприятные условия для применения сборных железобетонных элементов заводского изготовления во всех конструкциях выше фундаментной плиты.

В составе Киевского гидроузла сооружается первая в СССР крупная гидроаккумулирующая электростанция. Широким фронтом идет строительство последней на Нижнем Днепре Каневской ГЭС.

Рост неравномерности нагрузок в Южной энергосистеме, в которую входит Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина, поставил вопрос об увеличении ее установленной мощности. Сейчас уже начаты работы по расширению гидроэлектростанции — сооружению Днепрогэса II. Для этого перед левобережной частью плотины будет построено второе здание ГЭС, в котором установят восемь гидроагрегатов общей мощностью 828 тыс. *квт*.

Создание каскада ГЭС на Нижнем Днепре имеет большое комплексное значение для народного хозяйства УССР. Днепровские гидроэлектростанции будут давать в средний по водности год до 10 млрд. *квт·ч* самой дешевой на Украине электроэнергии. В результате образования водохранилищ создан глубоководный путь от устья р. Припяти до Черного моря, связавший многие промышленные центры и крупные сельскохозяйственные районы УССР. Теперь имеются условия для создания в будущем кратчайшего водного пути из Черного моря в Балтийское через Днепр, Припять, Неман. Велико значение Днепровских водохранилищ для водоснабжения и обводнения важнейших промышленных районов Приднепровья, Криворожья и Донбасса (сейчас уже начато строительство канала Днепр — Донбасс, который будет забирать воду из Днепродзержинского водохранилища).

Еще в 1960 г. в Литовской ССР было закончено сооружение первой гидроэлектростанции на Немане — Каунасской. При ее строительстве впервые широко применялись армопанельные конструкции, которые затем с успехом были использованы при возведении Воткинской и Плявиньской гидроэлектростанций.



1-14. Плявиньская ГЭС имени В. И. Ленина на р. Даугаве в Латвии.

В Латвии, на р. Даугаве, в короткие сроки (1961—1966 гг.) построена одна из наиболее мощных гидроэлектростанций Европы — Плявиньская ГЭС имени В. И. Ленина со встроенным в водослив машинным залом (рис. 1-14 и 1-15). Стоимость одного установленного киловатта мощности на этой ГЭС составляет менее 100 руб. Опыт ее строительства свидетельствует о том, что когда финансирование осуществляется в соответствии с проектом, крупные гидроэлектростанции сооружаются в весьма сжатые сроки. (В качестве противоположного примера может служить строительство Днепродзержинской ГЭС, продолжавшееся 9 лет вместо 5 лет по проекту.)

В настоящее время коллектив Даугавагэсстроя (главный инженер Герой Социалистического Труда С. А. Левшин) возводит третью гидроэлектростанцию на Даугаве — Рижскую.

На Кольском полуострове и в Карелии были построены Борисоглебская ГЭС на р. Паз, Верхне-Тулумская ГЭС на р. Тулуме (обе в сотрудничестве с норвежскими фирмами), Серебрянские ГЭС I и II на р. Воронья и другие. Была сооружена первая в СССР экспериментальная приливная электростанция в Кислой Губе Баренцева моря — Кислогубская ПЭС (первый агрегат пущен в 1968 г.).



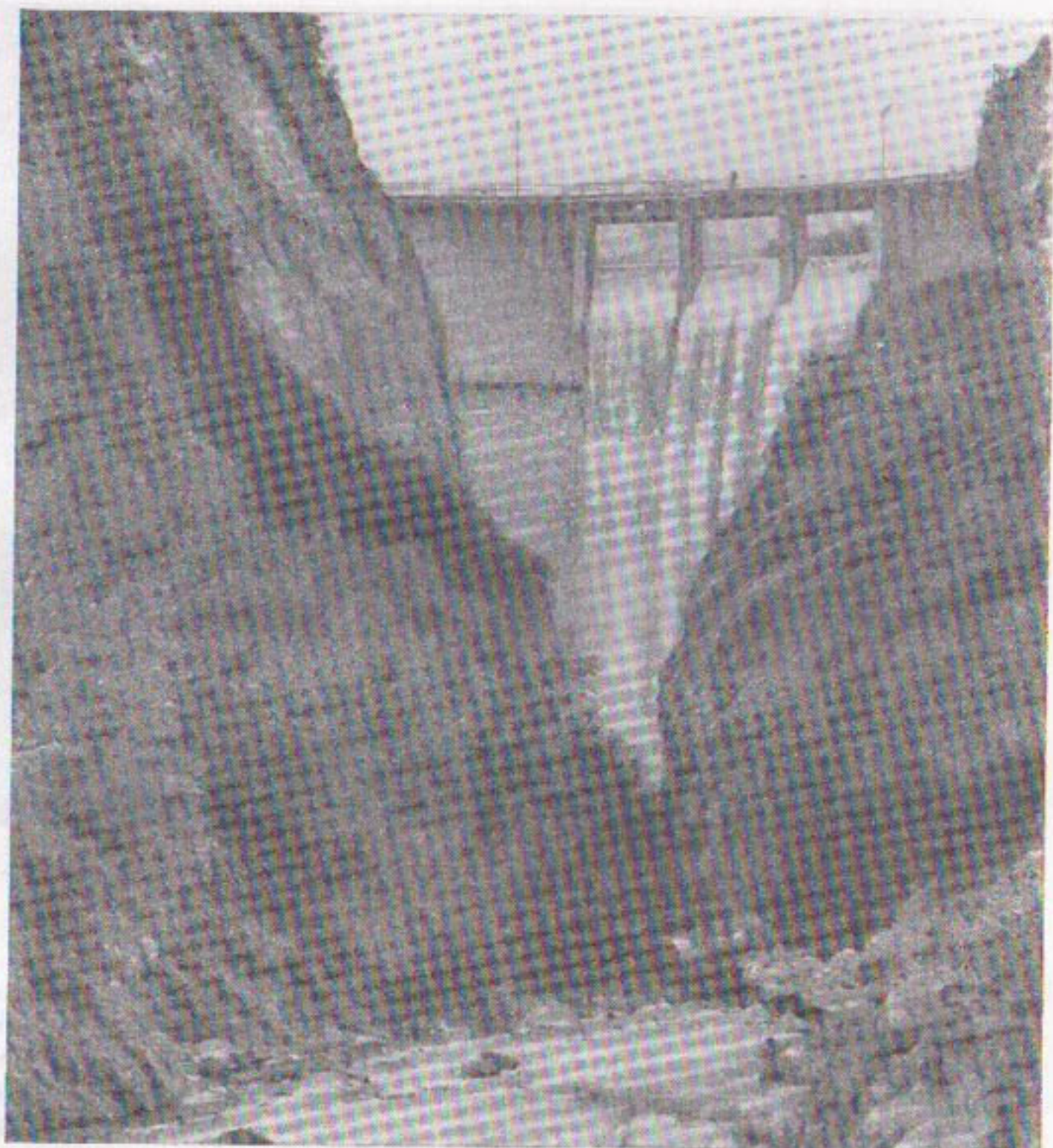
1-15. Машинный зал Плявиньской ГЭС имени В. И. Ленина.

Широкое гидроэнергетическое строительство ведется на Кавказе. В Армении было завершено создание Севано-Разданского каскада ГЭС, что способствовало электрификации народного хозяйства республики и расширению орошаемых площадей сельскохозяйственных земель.

Большое значение для народного хозяйства Армянской ССР будет иметь комплекс сооружений, предназначенных для переброски части стока р. Арпы и её правобережного притока — р. Элегис в оз. Севан. Заканчивается строительство основного сооружения этого комплекса — гидротехнического туннеля длиной более 48 км, поперечным сечением до $27,3 \text{ м}^2$. Ведется строительство нескольких новых гидроэлектростанций, в том числе Татевской на р. Воротап.

В Грузии было завершено строительство Гуматских ГЭС на р. Риони, Храмской ГЭС № 2, Ладжанурской ГЭС с первой в СССР тонкой арочной плотиной (рис. 1-16). Последняя ГЭС работает на стоке двух рек Цхенис-Цкали и Ладжанури, воды которых сбрасываются по системе деривационных каналов и туннелей в р. Риони.

В 1961 г. на р. Ингури начато строительство крупнейшей гидроэлектростанции Кавказа — Ингурской с высокой арочной

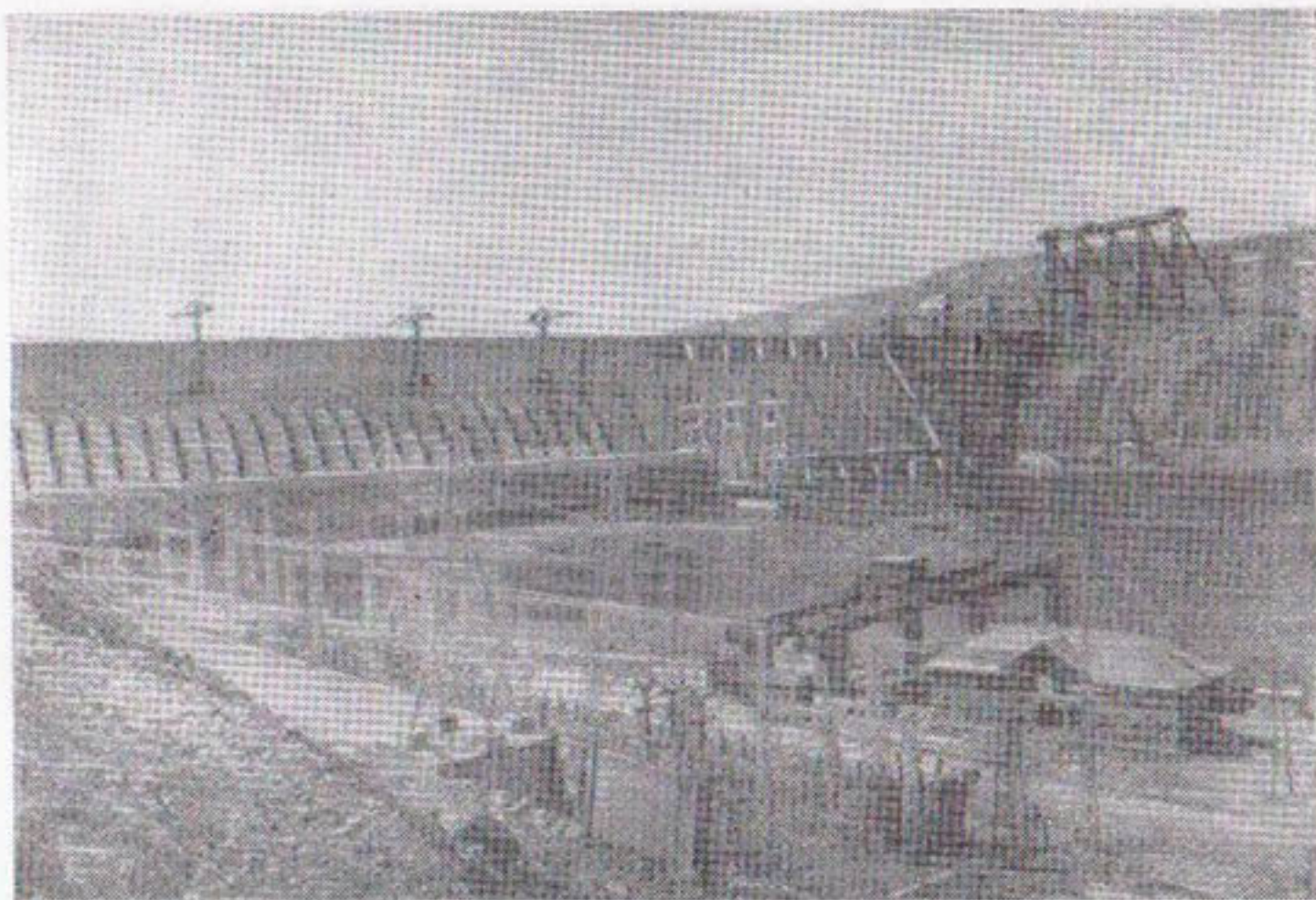


1-16. Арочная плотина Ладжанурской ГЭС в Грузии.

плотиной (271,5 м). Воды Ингури, пройдя через турбины этой станции, отдадут свою энергию еще на четырех расположенных каскадом деривационных ГЭС. Общая мощность Ингурской и Перепадных ГЭС составит 1,6 млн. кВт. Строительством Ингурской ГЭС решается также важная проблема борьбы с наводнениями в низовьях Ингури.

В 1963 г. началось строительство крупной ГЭС Кавказа — Чиркейской на р. Сулаке с высокой арочной плотиной (233 м).

Освоение рек Сибири, Казахстана и Средней Азии, а также более широкое использование водных ресурсов Закавказья вызвали необходимость сооружения гидроэлектростанций с высокими плотинами. За последние 10—15 лет советские гидротехники



1-17. Красноярская ГЭС на р. Енисее.

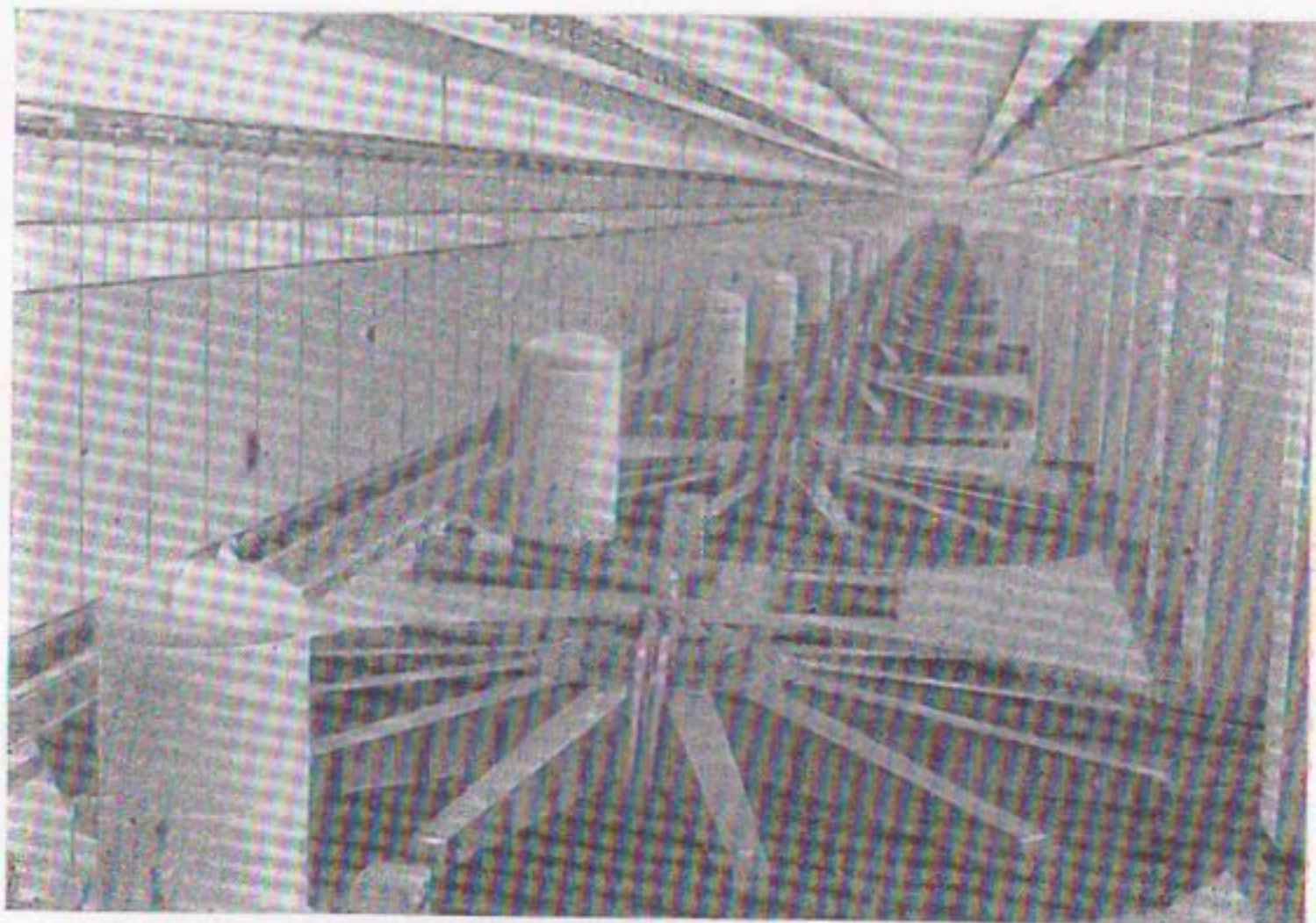
запроектировали и построили в суровых климатических условиях Сибири и Казахстана высокие гравитационные бетонные плотины Бухтарминской, Мамаканской, Братской и Красноярской гидроэлектростанций (рис. 1-17). Основными подпорными сооружениями Ингурской, Чиркейской, Токтогульской и Саяно-Шушенской ГЭС являются высокие (более 200 м) бетонные арочные и арочно-гравитационные плотины. Из местных материалов возводятся такие большие плотины, как Нурекская (высотой до 310 м) и Чарвакская (168 м).

Если в строительстве гидроэлектростанций на равнинных реках СССР опередил другие страны, то при сооружении высоких плотин нами широко используется богатый зарубежный опыт, и прежде всего таких стран, как Италия, Швейцария, Франция, США.

Значительные успехи достигнуты также в области создания электромеханического оборудования гидроэлектростанций.

Промышленность СССР сейчас удовлетворяет любым запросам гидроэнергетики в оборудовании гидроэлектростанций. Советские заводы выпускают гидроагрегаты мощностью до 500 Мвт с различными типами турбин, рассчитанными на работу под различными напорами. Освоено изготовление горизонтальных капсульных гидроагрегатов.

Уже 15 лет в СССР (на Волжских ГЭС имени В. И. Ленина и имени XXII съезда КПСС) применяются крупнейшие в мире



1-18. Машинный зал Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС.

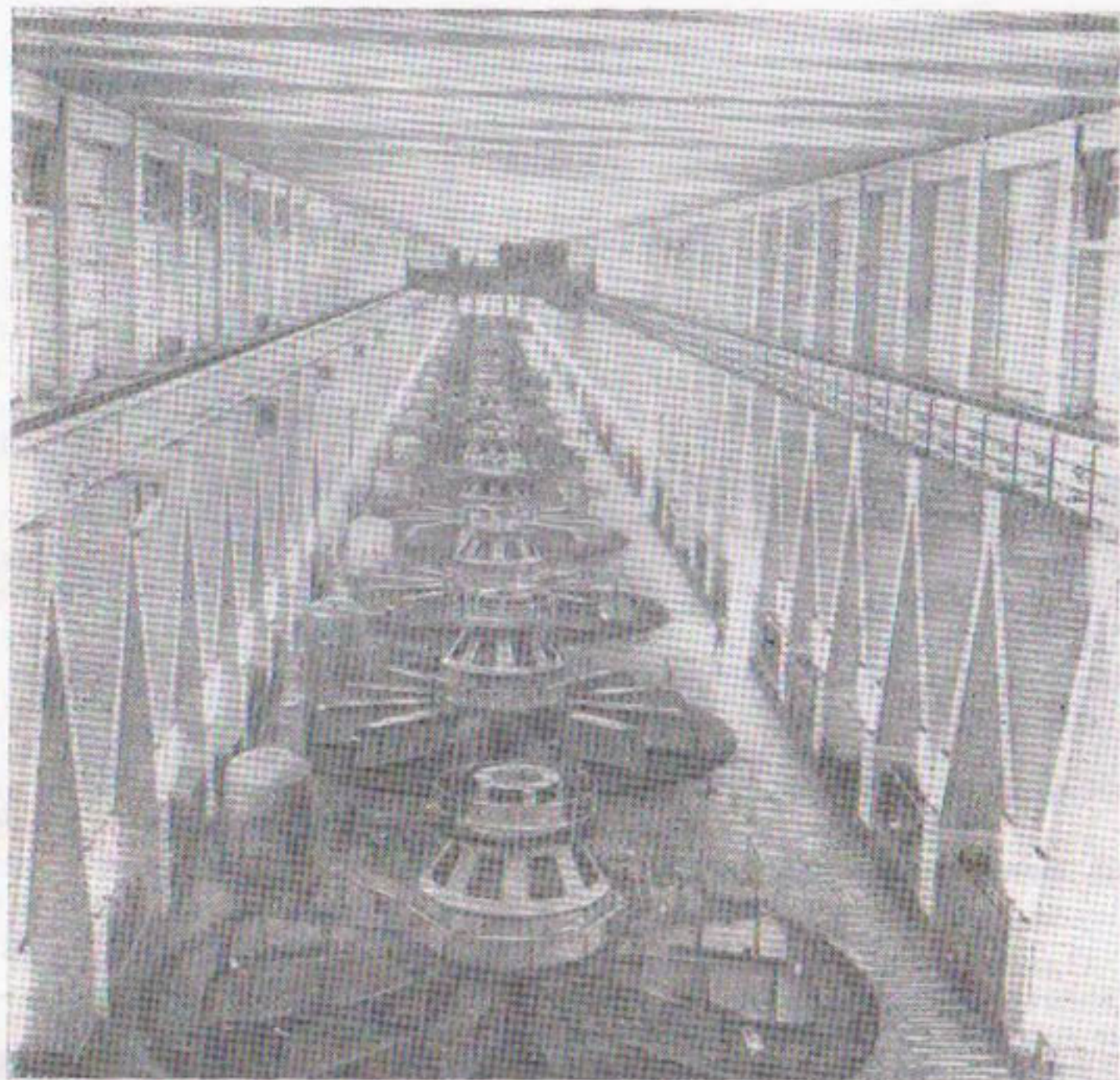
поворотнлопастные турбины с диаметром рабочего колеса 9,3 м и мощностью по 118 Мвт при напоре 19 м (126 Мвт — при 22,5 м).

Для ГЭС Джердап-Железные ворота (СФРЮ—СРР) Ленинградский металлический завод изготовил еще более мощные поворотнлопастные турбины — по 178 Мвт при напоре 27 м с рабочим колесом диаметром 9,5 м.

Созданы высоконапорные поворотнлопастные турбины для Учкурганской, Головной и Вилюйской гидроэлектростанций.

На Бухтарминской ГЭС установлена первая в СССР диагональная поворотнлопастная турбина, предложенная В. С. Квятковским и изготовленная на ЛМЗ. Мощность ее при расчетном напоре 65,5 м — 77 Мвт (при напоре 67 м—90 Мвт), диаметр рабочего колеса 4,35 м. Эта турбина обладает свойством сохранять высокий коэффициент полезного действия и устойчивый режим работы при значительных колебаниях напора и мощности.

Для Череповецкой и Киевской ГЭС разработаны и изготовлены горизонтальные капсульные агрегаты с поворотнлопастными турбинами мощностью до 20 Мвт (диаметр рабочего колеса 6—5,5 м). ЛМЗ и Ленинградское электротехническое объединение «Электросила» создали самые крупные в мире горизонтальные капсульные агрегаты с поворотнлопастной турбиной мощностью 47 Мвт (расчетный напор 10,6 м, диаметр рабочего колеса 7,5 м). Эти машины устанавливаются на Саратовской ГЭС.

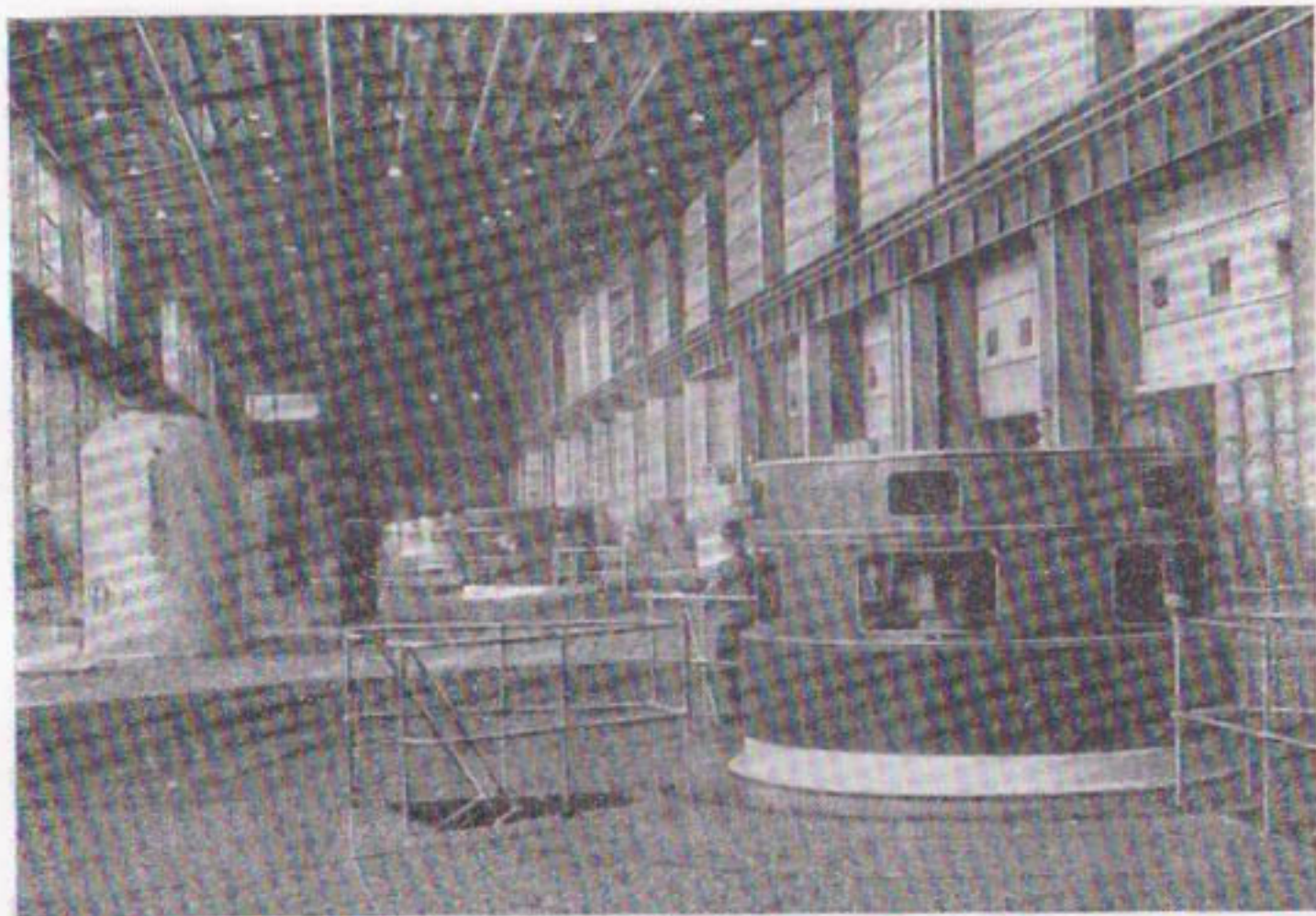


1-19. Машинный зал Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября.

В связи с ростом единичной мощности гидроэлектростанций возрастают мощности гидроагрегатов. Особенно резко увеличивается мощность радиально-осевых турбин. Максимальная мощность турбин этого типа, которые были выпущены до создания турбин для Братской ГЭС составляли 85 Мвт при напоре 39,8 м. Эти турбины были установлены на Усть-Каменогорской ГЭС.

Сейчас на Красноярской ГЭС работают 10 турбин мощностью по 508 Мвт с рабочим колесом диаметром 7,5 м. Крупные высоконапорные турбины создаются для Нурекской (300 Мвт при напоре 230 м) и Ингурской (265 Мвт при напоре 325 м) гидроэлектростанций. Для Саяно-Шушенской ГЭС разрабатываются радиально-осевые турбины мощностью по 650 Мвт.

На рис. 1-18 — 1-20 показаны машинные залы Волжской ГЭС имени XII съезда КПСС, Братской и Красноярской ГЭС, в которых установлены крупнейшие в мире гидроагрегаты.



1-20. Машинный зал Красноярской ГЭС.

Одновременно с увеличением мощности гидроагрегатов заводы-изготовители проделали большую работу по совершенствованию их конструкции.

Если гидроагрегаты Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября выполнены подвесными и имеют два вала — турбины и генератора, то гидроагрегаты для Красноярской ГЭС и Асуанской ГЭС (мощностью по 180 Мвт) — зонтичного типа с пятой, расположенной на крышке турбины (что позволило сделать их более компактными), с единым валом. Кроме того, рабочие колеса турбин этих ГЭС выполнены неразъемными цельносварными.

Опыт монтажа и эксплуатации подтвердили прогрессивность принятой конструкции гидроагрегатов.

Увеличение единичной мощности гидротурбин (рис. 1-21), совершенствование их конструкций, улучшение технологии изготовления — все это привело к снижению их удельной металлоемкости.

Процесс укрупнения единичной мощности гидроэлектростанций и гидроагрегатов можно проследить по табл. 1-2.

Увеличение единичной мощности гидроэлектростанций и гидроагрегатов, а также перемещение строительства гидроэлектростанций в восточные районы позволило снизить удельные капиталовложения и удешевить себестоимость электроэнергии.

Например, увеличение мощности гидроагрегатов Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября с 200 до 225 Мвт и их ко-

личества с 18 до 20 позволило повысить мощность гидроэлектростанции на 25% без дополнительных затрат. Аналогичная картина и по Красноярской ГЭС. Благодаря увеличению мощности агрегатов с 286 до 500 Мвт мощность ГЭС увеличена на 67%.

Строительство мощных многоагрегатных гидроэлектростанций повлекло за собой усовершенствование схем комплексной автоматизации процессов управления и регулирования всей ГЭС в целом. Одним из новых способов управления гидроэлектростанцией, значительно сокращающих затраты и улучшающих эксплуатацию, является внутростанционная телемеханизация с использованием аппаратуры телемеханики ближнего действия.

В результате внедрения новых конструкций гидроагрегатов, увеличения их мощности, применения новых компоновок электротехнической части, а также станционной и системной автоматики и телемеханики за последние годы были достигнуты повышение устойчивости и надежности эксплуатации гидроэлектростанций, облегчение работы персонала и весьма существенное улучшение эксплуатационных показателей.

Численность промышленно-производственного персонала, приходящаяся на 1 000 кВт установленной мощности гидроэлектростанций, снизилась в 1968 г. по сравнению с 1958 г. в 1,5 раза, а по сравнению с 1950 г. почти в 4 раза. Производственная себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, отпущенного с шин, уменьшилась в 1969 г. по сравнению с 1958 г. почти в 1,5 раза.

За рассматриваемый период развития гидроэнергетики (1959—1970 гг.) установленная мощность гидроэлектростанций возрастет с 10,9 до 31,5 млн. кВт, а производство электроэнергии на них — с 46,5 до 123 млрд. кВт·ч. Однако удельный вес гидроэлектростанций в общей установленной мощности электростанций страны в последние годы (начиная с 1964—1965 гг.) начал

Рис. 1-21. Рост единичной мощности гидротурбин, изготовленных на отечественных заводах (Мвт).

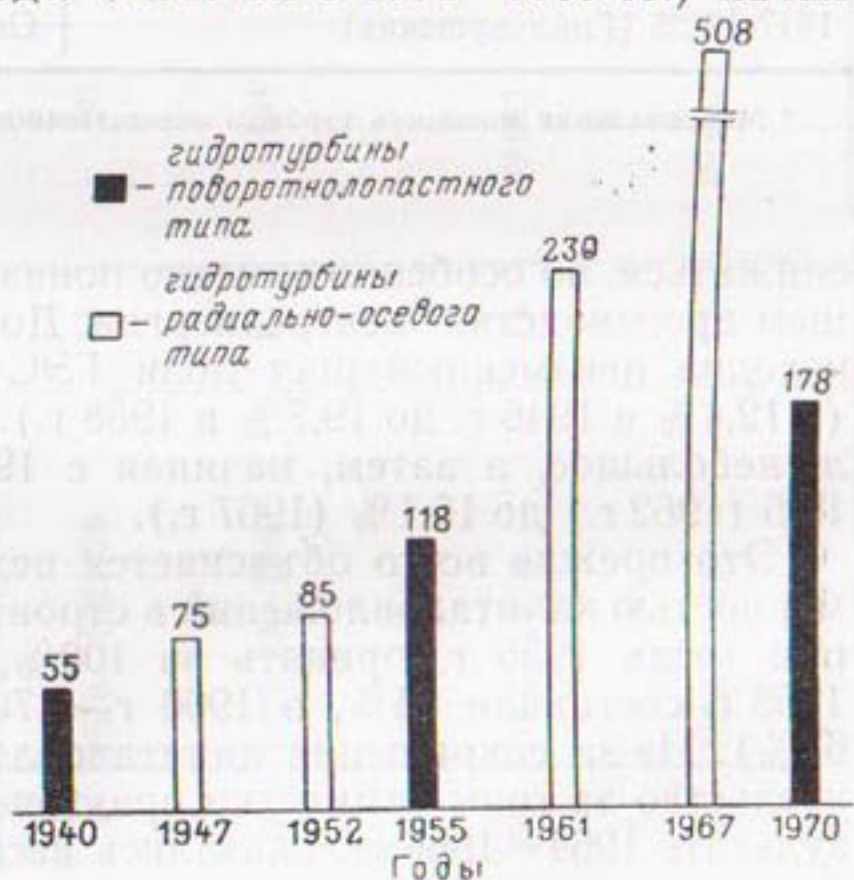


Таблица 1-2

Рост единичной мощности гидроэлектростанций и гидроагрегатов

Годы	Максимальная мощность гидроэлектростанции, тыс. кВт	Максимальная мощность установленного гидроагрегата, тыс. кВт
1970	5 000 (Красноярская)	—
1967	4 100 (Братская)	500 (Красноярская)
1966	4 050 (то же)	—
1965	3 825 (то же)	—
1963	3 600 (то же)	—
1961	—	225 (Братская имени 50-летия Великого Октября)
1960	2 415 (Волжская имени XXII съезда КПСС)	—
1959	2 300 (Волжская имени В. И. Ленина)	—
1957	2 100 (то же)	—
1956	1 365 (то же)	—
1955	—	115 (Волжская имени В. И. Ленина)
1952	—	82,8 (Усть-Каменогорская)
1950	650 (Днепровская имени В. И. Ленина)	—
1947	—	72 (Днепровская имени В. И. Ленина)
1939	560 (Днепровская имени В. И. Ленина)	—
1938	496 (то же)	—
1936	434 (то же)	—
1933	372 (то же)	—
1932	310 (то же)	62 (Днепровская имени В. И. Ленина)
1927	58 (Волховская имени В. И. Ленина)	—
1926	21 (то же)	7,0 (Волховская имени В. И. Ленина)
1917	1,35 (Гиндукушская)	Около 0,6 *

* Максимальная мощность турбины отечественного производства — около 0,3 тыс. кВт.

снижаться, но особенно заметно понизился их удельный вес в общем производстве электроэнергии. До 1958 г. включительно происходил неизменный рост доли ГЭС в электробалансе страны (с 12,4% в 1946 г. до 19,7% в 1958 г.). Затем имело место вначале небольшое, а затем, начиная с 1963 г., резкое снижение: с 19,5 (1962 г.) до 15,1% (1967 г.).

Это прежде всего объясняется недостаточностью и неравномерностью капиталовложений в строительство гидроэлектростанций (если 1955 г. принять за 100%, то капиталовложения в 1958 г. составили 84%, в 1960 г. — 70%, а в 1963 и 1964 гг. — 67%). Из-за сокращения капиталовложений в гидроэнергостроительство за годы семилетки практически иссякли заделы. В результате 1964—1966 гг. оказались весьма напряженными по вво-

Таблица 1-3
Развитие советской гидроэнергетики по периодам

Периоды	Годы	Количество лет	Ввод мощности на ГЭС, тыс. кВт		Прирост производства энергии, млн. кВт.ч		Показатели развития гидроэнергетики на конец периода			Самая крупная ГЭС (мощность, тыс. кВт)
			за весь период	в среднем за год	за весь период	в среднем за год	Суммарная установленная мощность ГЭС, тыс. кВт	Произведено электроэнергии за год, млн. кВт.ч	Удельный вес ГЭС в общем производстве электроэнергии, %	
I	1918—1927/28	10	90	9,0	219	22	103	256	6,0	Волховская имени В. И. Ленина (58)
II	1928/29—1940	13	1 484	115	4 857	374	1 587	5 113	10,5	Днепрогэс имени В. И. Ленина (560)
III	1941—1945	5	—	—	—	—	1 252	4 841	11,2	Рыбинская (110)
IV	1946—1958	13	9 611	729	41 637	3 203	10 863	46 478	19,7	Волжская имени В. И. Ленина (2 100)
V	1959—1970	12	20 637	1 720	76 522	6 377	31 500	123 000	16,6	Красноярская (5 000)

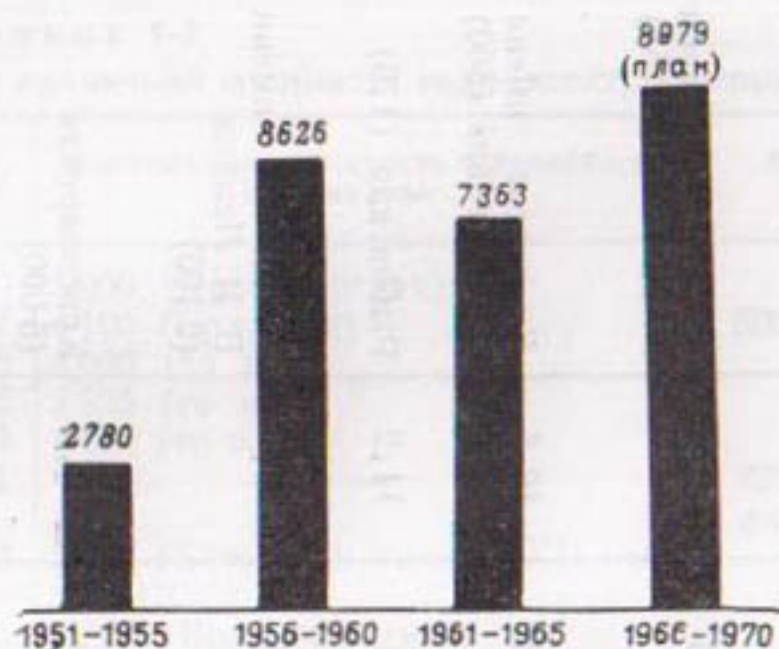


Рис. 1-22. Ввод мощности на гидроэлектростанциях по пятилетиям (тыс. квт).

ду энергетической мощности, так как доля ГЭС в этом вводе снизилась до 4,9—9,6% (за период 1952—1958 гг. 28% новой мощности вводилось на гидроэлектростанциях).

В табл. 1-3 приведены основные показатели развития советской гидроэнергетики по отдельным периодам.

1-8

Итоги развития гидроэнергетики

Рассмотрим основные итоги развития советской гидроэнергетики за годы, прошедшие после принятия плана ГОЭЛРО (1921—1970 гг.).

В СССР практически заново создано одно из наиболее прогрессивных направлений энергетики — гидроэнергетика.

По единичной мощности гидроэлектростанций и гидроагрегатов Советский Союз занимает первое место, по установленной мощности ГЭС — второе и по производству гидроэлектроэнергии — третье место в мире (после США и Канады). На рис. 1-22 и 1-23 показан рост ввода мощности, установленной мощности и производства электроэнергии на гидроэлектростанциях СССР.

Серьезное преимущество СССР в дальнейшем развитии гидроэнергетики заключается в том, что его наиболее эффективные гидроресурсы, находящиеся в Сибири и на Дальнем Востоке, практически еще не затронуты, в то время как большинство других экономически развитых стран уже использовало наиболее эффективную часть своих гидроэнергоресурсов. Строительство мощных гидроэлектростанций в восточных районах страны, а также на Кавказе, требующее значительно меньших удельных капиталовложений, является залогом дальнейшего еще более широкого развития советской гидроэнергетики.

Важнейшими тенденциями в развитии гидроэнергетики СССР были и остаются: комплексность использования водных ресурсов;

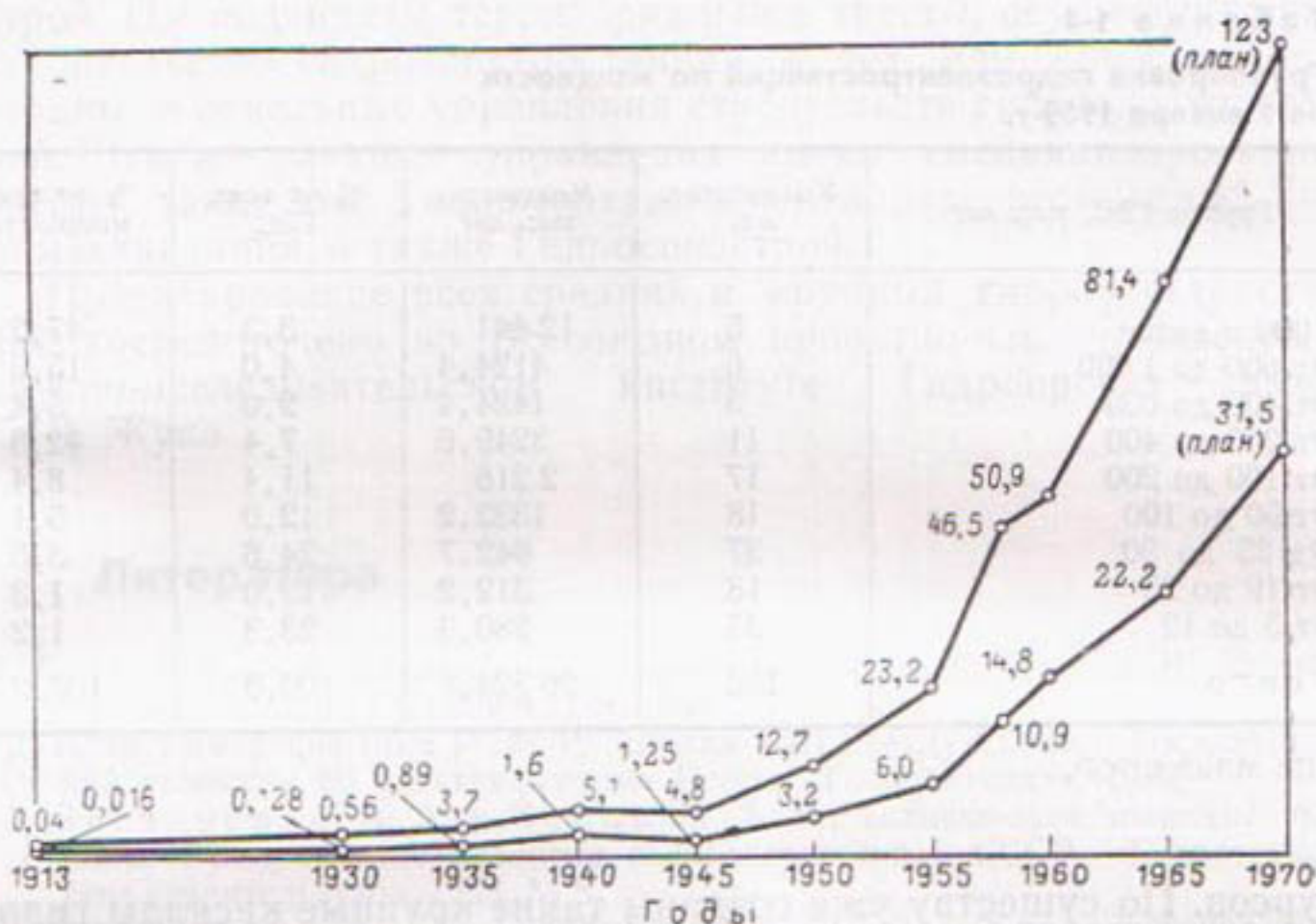


Рис. 1-23. Рост установленной мощности в млн. кВт (нижняя кривая) и производства электроэнергии в млрд. кВт·ч (верхняя кривая) на гидроэлектростанциях.

создание на водотоках каскадов гидроэлектростанций; концентрация энергетической мощности.

Гидроэнергетика с самого начала ее развития явилась организующим фактором комплексного использования гидроресурсов страны. Строительство крупных гидроэлектростанций и создание каскадов гидроэлектростанций с крупными водохранилищами расширило возможности орошения и обводнения сельскохозяйственных земель (на базе существующих водохранилищ гидроэлектростанций орошается 1,3 млн. га; водохранилища действующих и строящихся гидроэлектростанций могут обеспечить развитие орошения на площади до 10 млн. га)¹, обеспечило условия для надежного водоснабжения промышленности и городов, создало основу для постепенного формирования системы внутренних глубоководных путей страны. Из общего числа эксплуатируемых гидроэлектростанций 30% имеют в той или иной мере комплексное значение. Среди строящихся и намечаемых к строительству гидроузлов с гидроэлектростанциями более половины являются комплексными.

Большое внимание уделялось, особенно в послевоенные годы, созданию на реках каскадов гидроэлектростанций, как наиболее эффективному способу использования водноэнергетических ре-

¹ Общая площадь орошаемых земель в 1969 г. превысила 9 млн. га против 3,9 млн. га в 1917 г.

Таблица 1-4

Группировка гидроэлектростанций по мощности¹
на 1 января 1969 г.

Группы ГЭС, тыс. кВт	Количество, шт.	Мощность, тыс. кВт	% от всех ГЭС	% от всей мощности
1 000 и выше	5	12 441	3,3	47,2
От 600 до 1 000	6	4124,4	4,0	15,6
От 400 до 600	3	1424,4	2,0	5,4
От 200 до 400	11	3249,6	7,4	12,3
От 100 до 200	17	2 218	11,4	8,4
От 50 до 100	18	1332,2	12,0	5,1
От 25 до 50	37	942,7	24,6	3,5
От 12 до 25	18	312,2	12,0	1,3
От 5 до 12	35	280,3	23,3	1,2
Всего	150	26 324,8	100,0	100,0

¹ По МЭиЭ СССР.

сурсов. По существу уже созданы такие крупные каскады гидроэлектростанций, как Волжский, Камский и Днепровский, а также Свирский, Нивский, Туломский, Пазский, Ковдинский, Выгский, Севано-Разданский, Храмский, Чирчик-Бозсуйский и другие. В процессе создания находятся такие грандиозные каскады гидроэлектростанций, как Енисейский, Ангарский, Вахшский и другие.

В результате широкого строительства крупных гидроэлектростанций в центральных, а затем и в восточных районах страны в послевоенные годы происходил неизменный и все нарастающий процесс концентрации гидроэнергетической мощности. Это видно из табл. 1-4, в которой сгруппированы по мощности средние и крупные гидроэлектростанции (5 тыс. кВт и более).

К 1969 г. процесс концентрации гидроэнергетической мощности достиг такого уровня, что на долю 14 гидроэлектростанций приходилось 68%, а на долю 150 средних и крупных гидроэлектростанций — более 98,5% суммарной мощности и выработки электроэнергии всех действующих гидроэлектростанций страны.

В СССР накоплен большой опыт строительства гидроэлектростанций различных типов и мощности, а также крупных комплексных гидроузлов в самых разнообразных природных условиях. На протяжении почти всей истории советской гидроэнергетики строительство гидроэлектростанций практически было централизовано, что способствовало созданию крупных высококвалифицированных коллективов строителей и монтажников.

Сейчас сооружение почти всех гидроэлектростанций в стране осуществляет Министерство энергетики и электрификации СССР, в составе которого имеются два специальных главных управления — Главгидроэнергострой и Главвостокгидроэнерго-

строй. Им подчинены территориальные тресты, осуществляющие строительство гидроэлектростанций в тех или иных районах страны, и отдельные управления строительства гидроэлектростанций. Эти же главные управления имеют специализированные тресты, такие как Гидромонтаж, Спецгидроэнергомонтаж, Гидромеханизация, а также Гидроспецстрой.

Проектирование всех средних и крупных гидроэлектростанций сосредоточено во Всесоюзном проектно-изыскательском и научно-исследовательском институте Гидропроект имени С. Я. Жука.

Литература

1. В. И. Ленин об электрификации, составители: В. Стеклов и Л. Фотиева, изд. 2-е, дополн., Госполитиздат, 1964.
2. План электрификации РСФСР. Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России, Госполитиздат, 1955.
3. Бесчинский А. А. и Боровой А. А., Техничко-экономические принципы и направления развития гидроэнергетики в СССР, «Гидротехническое строительство», 1968, № 8.
4. Вайнштейн Г. М., Гидроэнергетика СССР, изд-во «Энергия», 1967.
5. Герман А. Н. Развитие автоматического управления агрегатами ГЭС СССР, «Энергомашиностроение», 1965, № 3.
6. Г.О. Графито — строитель первых гидроэлектростанций в СССР, под общей ред. Г. М. Кржижановского, изд-во АН СССР, 1953.
7. Губин Ф. Ф., Гидроэлектрическая станция. Развитие гидроэнергостроительства, БСЭ, изд. 2-е, 1952, т. 11, с. 349—360.
8. Данилевский В. В., История гидросиловых установок России до XIX в., Госэнергоиздат, 1940.
9. Жимерин Д. Г., История электрификации СССР, Соцэкгиз, 1962.
10. Золотарев Т. Л., Гидроэнергетика СССР от плана ГОЭЛРО до плана электрификации всей страны. В книге «Сорок лет ГОЭЛРО». Очерки развития энергетики СССР. Труды Московского ордена Ленина энергетического института, вып. XXXIII, 1960, с. 79—138.
11. Каменецкий М. О., Первые русские электростанции, Госэнергоиздат, 1951.
12. Караулов Н. А., Развитие гидросиловых установок в России и в СССР, Госкультпросветиздат, 1953.
13. Келдыш М. В. Крупнейшее достижение советской гидроэнергетики, «Гидротехническое строительство», 1968, № 8.
14. К истории плана электрификации советской страны, сборник документов 1918—1920 гг., под ред. И. А. Гладкова, Госполитиздат, 1952.
15. Москвитinov И. И., Белый уголь в России, 1923.
16. Муравьев А. А., Из истории советского гидростроительства. Новые документы о строительстве первых советских ГЭС, «Гидротехническое строительство», 1961, № 6.
17. Непорожний П. С. Электроэнергетика и размещение производительных сил, «Коммунист», 1964, № 10.
18. Нестерук Ф. Я., Развитие гидроэнергетики СССР, изд-во АН СССР, 1963.
19. Школьников М. Г., Ангара-Енисейская проблема, под ред. и с предисловием акад. В. С. Немчинова, Госпланиздат, 1958.
20. Электрификация СССР, под общей редакцией П. С. Непорожного, изд-во «Энергия», 1970.

Водные и гидроэнергетические ресурсы СССР

2

2-1 Водные ресурсы СССР

Ресурсы пресных вод Советского Союза представлены непрерывно возобновляемым речным стоком, вековыми запасами воды в озерах и ледниках и подземными водами, большей частью непосредственно связанными с речным стоком.

Ресурсы речного стока, формирующегося в границах территории СССР, составляют по среднему многолетнему объему 4 384 км³. Около 330 км³ речного стока поступает на территорию СССР из сопредельных зарубежных стран [Л. 1].

В табл. 2-1 сопоставлены ресурсы речного стока СССР с рядом зарубежных стран, имеющих как наиболее значительные объемы речного стока, так и сравнительно ограниченные величины его.

Таблица 2-1

Ресурсы речного стока СССР и ряда зарубежных стран

Страна	Площадь территории, млн. км ²	Население на 1 января 1968 г., млн. чел.	Суммарный средний многолетний объем речного стока, км ³ /год	Удельная водность	
				с 1 км ² , л/сек в среднем за год	на 1 чел. тыс. м ³ в год
СССР	22,275	241,7*	4 384	6,2	18
Бразилия	8,51	85,7	3 200	11,9	37
США	9,36	200,7	2 850	9,8	14
Китай	9,90	700	2 600	8,3	4
Канада	9,98	20,4	1 500	24,0	74
Норвегия	0,32	3,8	366	35,8	96
Франция	0,551	49,8	343	19,7	7
Югославия	0,256	20,1	123	15,2	6
Польша	0,312	32,1	58,0	5,9	2
Чехословакия	0,128	14,3	28,5	7,0	2

* Численность населения Советского Союза указана на 15 января 1970 г.

Приведенные данные показывают, что поверхностные водные ресурсы Советского Союза значительно выше ресурсов других стран. Они в 1,4 раза превышают ресурсы Бразилии, в 1,5 раза — США, в 1,7 раза — Китая, 2,9 раза — Канады, почти в 13 раз — Франции и т. д. Однако удельная водность на одного человека в СССР ниже чем в ряде зарубежных стран: в 5 раз по сравнению с Норвегией, в 4 и 2 раза по сравнению с Канадой и Бразилией. По сравнению с большинством других стран удельная водность в СССР на одного человека значительно выше.

С народнохозяйственной точки зрения важное значение имеет распределение речного стока по территории страны. В этом отношении поверхностные водные ресурсы Советского Союза имеют следующие показатели: более 86% речного стока формируется в хозяйственно слабо освоенных северных и восточных районах страны и только менее 14% его относится к территории, где сосредоточено около 85% населения и около 80% промышленного и сельскохозяйственного производства (центральные и южные районы Европейской части страны, Урал, Северный Кавказ и Закавказье, Средняя Азия и др. районы). Здесь расположены бассейны следующих рек: Волга, Днестр, Днепр, Дон, Кубань, Урал, Терек, Кура, Амударья, Сырдарья и др. Средняя удельная водность этой территории Советского Союза менее 3 тыс. м³ в год на одного человека, т. е. она примерно такова, как в социалистических странах восточной Европы, в Китае и других странах. Ограниченность водных ресурсов этой территории СССР становится еще более очевидной, если учесть, что некоторая часть их здесь не может быть использована для водоснабжения населения, промышленности и сельского хозяйства в связи с необходимостью сохранения (резервирования) относительно значительного объема речного стока для поддержания уровня и солености Каспийского и Азовского морей.

В табл. 2-2* приводится распределение речного стока СССР по территории союзных республик.

Таблица 2-2 включает данные по ресурсам речного стока, формирующегося в границах республик, а также с учетом транзитного стока, поступающего с соседних территорий. Данные по стоку, формирующемуся на собственной территории отдельной республики, являются несколько условными, поскольку не учитывают водные ресурсы, поступающие из других республик.

Из табл. 2-2 видно, что более 91% объема водных ресурсов страны формируется в РСФСР, на территории которой находятся бассейны крупнейших речных систем — Оби, Енисея, Лены, Амура, Волги и др. Наименьший объем речного стока формируется на территории Туркменской и Молдавской союзных республик — около 1 км³ в год. Удельная водообеспеченность этих рес-

* Данные по водным ресурсам подготовлены Б. Б. Леонтьевским и Н. А. Рулевым (табл. 2-2—2-7).

Таблица 2-2

Средние многолетние показатели по ресурсам речного стока союзных республик

Союзная республика	Площадь, тыс. км ²	Население на 15 января 1970 г., млн. человек	Средний многолетний речной сток			Удельная водность (по собственным ресурсам)	
			с учетом транзитного стока, поступающего с соседних территорий, км ³ /год	в границах территории республик		с 1 км ² , л/сек в среднем за год	на 1 чел. тыс. м ³ в год
				км ³ /год	в % суммарного стока СССР		
РСФСР	17 075	130,090	4 197	4 003	91,31	7,4	30,7
Украинская	604	47,136	209	49,9	1,14	2,6	1,1
Белорусская	208	9,003	57,7	36,4	0,83	5,6	4,0
Узбекская	450	11,963	117	11,1	0,25	0,8	0,9
Казахская	2 715	12,850	121	64,8	1,48	0,8	5,0
Грузинская	69,7	4,688	62,8	53,6	1,22	24,4	11,4
Азербайджанская	86,6	5,111	30,6	8,71	0,20	3,2	1,7
Литовская	65,2	3,129	26,3	15,3	0,35	7,4	4,9
Молдавская	33,7	3,572	11,4	0,81	0,02	0,8	0,2
Латвийская	63,7	2,365	35,4	17,1	0,39	8,6	7,3
Киргизская	198	2,933	52,8	52,8	1,20	8,4	18,0
Таджикская	143	2,900	71,2	51,2	1,17	11,3	17,6
Армянская	29,8	2,493	7,9	6,50	0,15	6,9	2,6
Туркменская	488	2,158	68,6	1,00	0,02	0,06	0,5
Эстонская	45,1	1,357	11,8	11,7	0,27	8,2	8,6
СССР	22 275	241,748	4 714*	4 384	100	6,2	18

* С учетом стока, поступающего с территорий зарубежных стран (330 км³).

публик собственными водными ресурсами в 36 и 90 раз ниже средней по Союзу. Именно это обстоятельство обусловило необходимость создания в Туркмении грандиозной искусственной реки — Каракумского канала, который после полного завершения его строительства будет проходить через всю территорию республики и повысит водообеспеченность ее более чем в 10 раз. В Молдавскую ССР значительные объемы воды поступают по Днестру и Пруту. Сток первого формируется в основном на верхнем участке его, находящемся на территории Украины. Большая часть стока Прута формируется на территории Румынии. Рост безвозвратных заборов воды в бассейнах Днестра и Прута на территориях Украинской ССР и Румынии потребует выполнения серьезных водохозяйственных мероприятий по поддержанию необходимой водообеспеченности Молдавской ССР. К таким мероприятиям, в частности, относится намечаемое строительство в бассейне Днестра — Могилев-Подольского и ряда других регулирующих сток водохранилищ. В дальнейшем, по-видимому, потребуется привлечь в Молдавию сток из других бассейнов,

избыточных по водным ресурсам. Низка водообеспеченность собственными водными ресурсами Украинской, Азербайджанской и Узбекской союзных республик. Сравнительно удовлетворительные показатели имеют Эстонская, Латвийская, Литовская и Белорусская союзные республики. Однако при этом необходимо иметь в виду, что цифры табл. 2-2 являются осредненными по республикам и не отражают различий в водообеспеченности отдельных районов их. Так, например, при относительно удовлетворительной средней водообеспеченности Казахской ССР обширные территории в Западном и Центральном Казахстане почти полностью лишены водных ресурсов.

Наиболее высокую водообеспеченность имеют Киргизская и Таджикская республики, территория которых охватывает горные районы бассейнов рек Сырдарьи и Амударьи, где в основном формируется их сток.

Если рассматривать модуль стока (рис. 2-1), то при среднем значении его для территории СССР $6,2 \text{ л/сек с } 1 \text{ км}^2$ наименьшие величины приходятся на пустыни Средней Азии (менее $0,1 \text{ л/сек}$), наибольшие — на склоны Черноморского побережья Кавказа (около 90 л/сек). Территориальное распределение модулей стока имеет в основном зональный характер. В европейской части Союза относительно повышенные значения его ($8—13 \text{ л/сек}$) приурочены к зоне избыточного увлажнения — бассейны Печоры, Северной Двины, Камы и др. Относительно низкие величины (менее $3—4 \text{ л/сек}$) — к зоне недостаточного увлажнения — бассейны Нижнего Днепра, Дона, Урала. Крайне низки модули (менее $0,5 \text{ л/сек}$) в засушливых районах Прикаспийской низменности, Крыма, Приазовья. В азиатской части Союза относительно повышенные значения модулей стока (более 7 л/сек) — в горных районах и на севере, низкие величины (менее 2 л/сек) — в равнинных районах Казахстана.

Распределение по территории источника речного стока — осадков — кратко можно охарактеризовать следующим образом.

Минимальное количество осадков, менее 100 мм , выпадает в пустынных районах Средней Азии. Несколько больше осадков, до $150—200 \text{ мм}$, выпадает в Прикаспийской низменности, в Арктике, в северо-восточных районах Якутии. Годовая сумма осадков в $200—300 \text{ мм}$ наблюдается на равнинах Казахстана, в Средней и Восточной Сибири, до $400—500 \text{ мм}$ осадков выпадает в южных районах Украины, в предгорьях Северного Кавказа, на территории Западно-Сибирской равнины, $500—600 \text{ мм}$ — в центральных и до $700—800 \text{ мм}$ в западных равнинных районах европейской части Советского Союза. Наибольшее количество осадков выпадает в горных районах Средней Азии (более $1\,000 \text{ мм}$) и западной части Кавказа (более $3\,000 \text{ мм}$).

В засушливые и влажные годы количество осадков, выпадающих в различных районах страны, может значительно отклоняться от приведенных выше величин — часто на $30—40\%$. Неравно-

Рис. 2-1. Карта среднегодового стока рек СССР (л/сек с 1 км²) по К. П. Воскресенскому.

Таблица 2-3

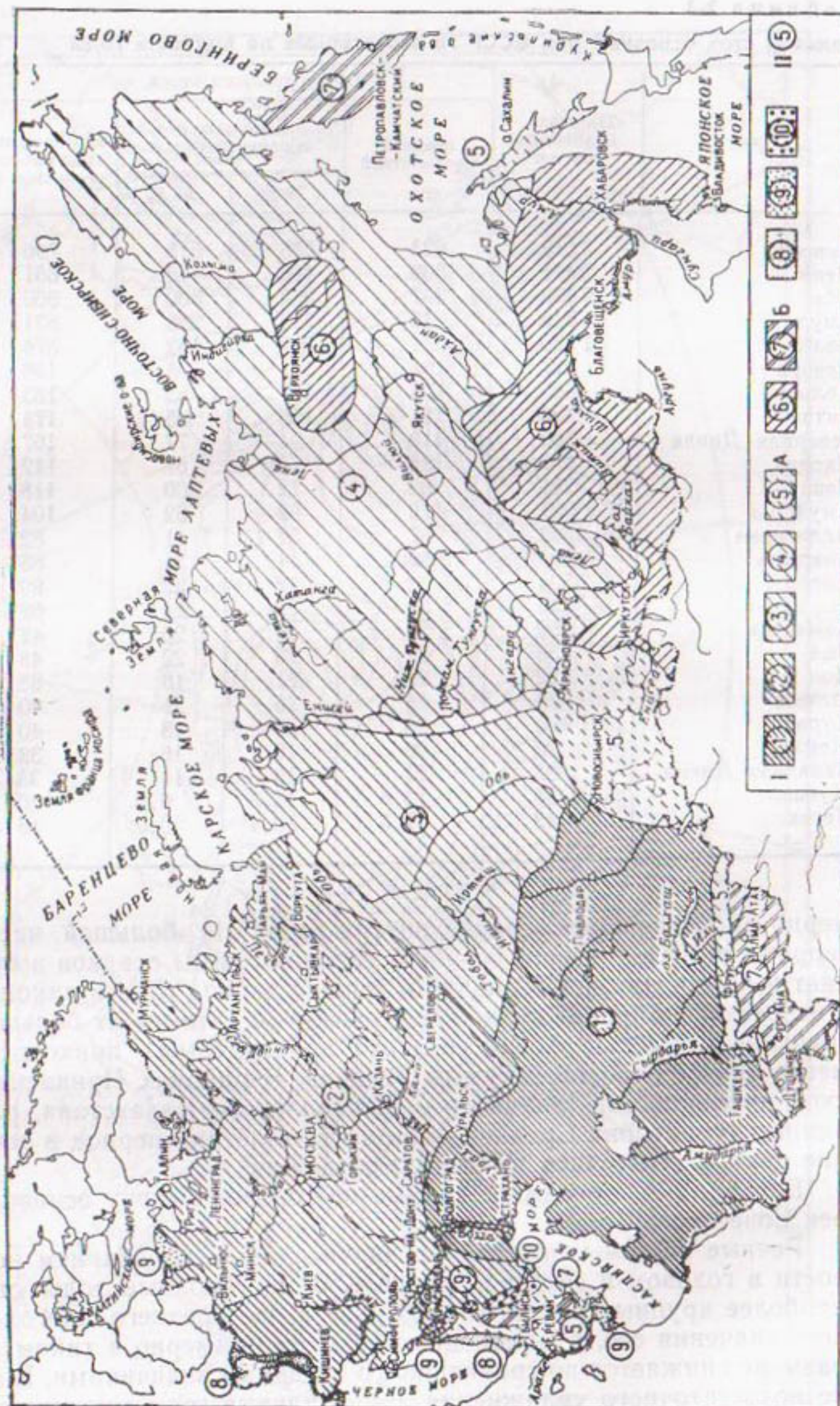
Годовой сток основных рек СССР за характерные по водности годы

Река	Площадь водосбора, тыс. км ²	Объем годового стока, км ³			
		средний многолетний	маловодных лет обеспеченностью		многоводного года обеспеченностью 1 %
			75 %	95 %	
Енисей	2 619	623	575	515	796
Лена	2 478	508	466	418	661
Обь	2 470	397	352	300	560
Амур	1 846	343	294	238	521
Волга	1 350	251	219	182	374
Печора	327	131	121	108	168
Колыма	665	123	107	85	183
Хатанга	422	121	106	85	174
Северная Двина	360	110	94	77	167
Пяси́на	178	84	76	67	112
Нева	281	82	72	60	118
Амударья	227	72	62	52	104
Инди́гирка	362	57	52	41	82
Анадырь	200	52	44	34	85
Днепр	504	52	42	32	89
Сырда́рья	136	34	29	24	62
Камчатка	56	32	30	20	42
Яна	238	32	28	22	48
Дон	422	29	21	13	63
Мезень	78	28	26	21	40
Кура	188	26	23	18	40
Неман	98	22	19	16	32
Западная Двина	88	21	18	14	33
Куба́нь	58	13,6	11,8	9,7	20
Терек	42	11,5	10,4	9,0	16

мерно распределение осадков внутри года. На большей части территории СССР свыше 50—60 % годовой суммы осадков выпадает в осенне-зимний период. На теплый период года в районах с недостаточно влажным и сухим климатом (что имеет большое значение для сельскохозяйственного производства) приходится менее 30—50 % годовой суммы осадков. В районах Прикаспийской низменности, Западного и Центрального Казахстана, равнинных территорий Средней Азии часто в летний период в течение двух-трех месяцев не выпадают дожди.

В табл. 2-3 приводятся данные по годовому стоку основных рек Советского Союза.

Речные системы отличаются значительным колебанием водности в годовом и сезонном разрезе. В многоводные годы сток наиболее крупных рек в 1,3—1,5 раза выше среднего многолетнего значения его, в маловодные годы он примерно в таком же размере снижается по сравнению со средними величинами. В зоне недостаточного увлажнения в засушливые годы многие реки



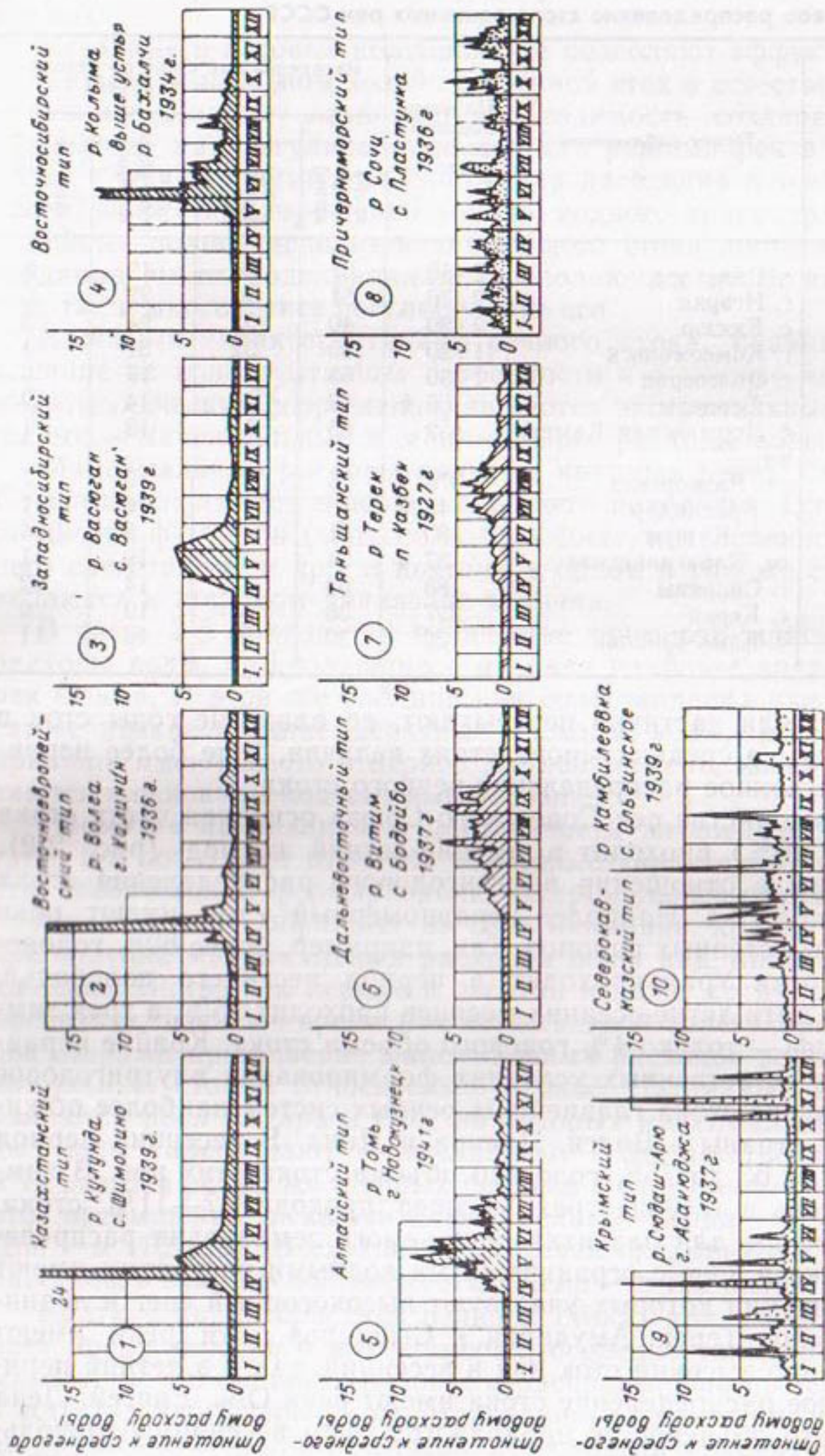


рис. 2-2. Карта классификации рек по Б. Д. Зайкову.

Таблица 2-4

Внутригодовое распределение стока основных рек СССР

Река	Пункт наблюдения	Площадь водосбора, тыс. км ²	Распределение стока по сезонам, % годового объема			
			весна (март—июнь)	лето (июль—август)	осень (сентябрь—ноябрь)	зима (декабрь—февраль)
Обь	г. Салехард	2 450	37	36	19	8
Енисей	г. Игарка	2 470	51	21	22	6
Лена	с. Кюсюр	2 420	40	33	24	3
Амур	г. Комсомольск	1 720	30	32	34	4
Волга	г. Волгоград	1 350	63	11	17	9
Днестр	г. Бендеры	66,1	52	15	14	19
Днепр	с. Лоцманская Каменка	459	65	11	13	11
Дон	ст. Раздорская	378	75	8	10	7
Кубань	г. Краснодар	45,9	48	25	16	11
Урал	пос. Кушум	180	81	7	8	4
Терек	ст. Карагалинская	37,4	34	36	19	11
Кура	г. Сальяны	188	59	15	14	12
Амударья	г. Керки	227	38	34	19	9
Сырдарья	с. Кзыл-Кишлак	136	39	34	16	11

полностью или частично пересыхают, во влажные годы сток в 3—5 раз выше средних многолетних величин. Еще более неравномерно сезонное распределение речного стока.

На большинстве рек Советского Союза основная часть стока (от 70 до 90%) проходит в весенне-летний период (рис. 2-2). Характерны в отношении внутригодового распределения стока данные табл. 2-4. Наиболее неравномерный сток имеют реки засушливых степных районов. Так, например, более 80% годового стока реки Урал проходит в период весеннего половодья. В течение пяти летне-осенних месяцев проходит 15%, а трех зимних месяцев — только 4% годового объема стока. Крайне неравномерно в естественных условиях формирования внутригодовое распределение стока главнейших речных систем наиболее обжитой части страны — Волги, Днепра и Дона. В весенний период проходит от 63 до 75% годового объема стока этих рек. В зимнюю межень в течение трех месяцев проходит 7—11% стока. Благоприятное для развития орошаемого земледелия распределение стока в зоне с ограниченными водными ресурсами имеют реки, в питании которых участвуют высокогорный снег и ледники, — Кубань, Терек, Амударья и Сырдарья. Эти реки имеют относительно высокий сток как в весенний, так и в летний период. Сходное распределение стока имеют реки Обь, Енисей, Лена и Амур, что объясняется продолжительным весенним половодьем, значительным количеством осадков, выпадающих в летний период.

Для всех речных систем характерен низкий сток в зимний период.

Сезонные и годовые колебания не позволяют эффективно использовать в народном хозяйстве речной сток в естественном его состоянии. Поэтому возникает необходимость создавать водохранилища для регулирования водного режима рек в соответствии с требованиями водоснабжения населения и промышленности, энергетики, орошения земель, водного транспорта и т. д. Наиболее полное использование речного стока достигается при создании емких водохранилищ, позволяющих вести как сезонное, так и многолетнее регулирование его.

Важными характеристиками речного стока, оказывающими влияние на конструктивные особенности и основные параметры гидротехнических сооружений, являются экстремальные величины его — максимальные и минимальные расходы воды.

Максимальные расходы воды на крупных реках Советского Союза наблюдаются в период весеннего половодья. Они зависят от многих факторов (запасов воды в снеге, интенсивности весеннего снеготаяния и др.) и поэтому в одном и том же створе колеблются в широком диапазоне величин.

В табл. 2-5 приводятся в качестве примеров максимальные расходы воды, наблюдавшиеся на ряде наиболее значительных рек Союза. В этой же таблице для сопоставления указываются самые низкие средние месячные расходы воды, которые, как правило, имеют место в период зимней межени, когда реки питаются в основном подземными водами.

Несмотря на различную длительность наблюдений, данные табл. 2-5 позволяют отметить некоторые характерные особенности, свойственные формированию экстремальных величин стока.

Прежде всего обращает на себя внимание крайне большое превышение максимальных расходов воды над минимальными, на большинстве рек первые в десятки и даже сотни раз выше последних. В то же время при естественной зарегулированности рек озерами превышение максимальных расходов воды над минимальным стоком относительно низкое. Наглядным примером являются реки Ангара и Обь, на которых максимальные расходы воды превышают минимальные — соответственно в 13 и 19 раз. На реках же степных районов с засушливым климатом это превышение исключительно велико (Урал — в 930 раз, Дон — в 170 раз). В сходном положении оказываются и речные бассейны в зоне вечной мерзлоты (Лена — в 196 раз).

Краткая характеристика речного стока, приведенная выше, дает представление о его размерах, особенностях колебаний в многолетнем и сезонном разрезе и распределении по территории в естественных условиях формирования. Гидрометрическая сеть на большинстве рек в последние десятилетия фиксирует величины стока более или менее измененные, деформированные в результате хозяйственной деятельности.

Таблица 2-5

Максимальный и минимальный сток некоторых рек СССР

Река	Пункт наблюдения	Площадь водосбора, тыс. км ²	Число лет наблюдений	Самый высокий из максимальных расходов воды		Самый низкий среднемесячный расход воды		Отношение высокого расхода воды к низкому
				м ³ /сек	год	м ³ /сек	год	
Лена	с. Кюсюр	2 420	23	137 000	1960	700	1940	196
Енисей	г. Енисейск	1 420	56	57 400	1937	1 870	1904	35
Обь	г. Салехард	2 450	25	44 000	1941	2 280	1946	19
Амур	г. Комсомольск	1 720	24	40 000	1932	374	1934	107
Волга	г. Куйбышев	1 212	81	63 900	1926	1 150	1939	55
Ангара	Падунский порог	740	63	13 400	1952	1 060	1904	13
Кама	г. Соколы горы	504	79	36 000	1914	439	1939	87
Днепр	г. Киев	328	81	23 100	1931	188	1921	117
Печора	с. Усть-Цильма	259	42	39 500	1952	250	1950	158
Дон	г. Калач	222	74	14 600	1917	86	1907	170
Ока	г. Муром	188	72	18 500	1926	154	1945	115
Урал	пос. Кушум	180	46	14 000	1957	15	1956	930
Кубань	г. Краснодар	45,9	47	2 000	1932	41	1921	49

Хозяйственная деятельность, оказывающая влияние на речной сток, чрезвычайно разнообразна. Уже в процессе формирования стока на речном водосборе влияние на величины и режим его оказывают агролесотехнические мероприятия. Распашка речных бассейнов и лесопосадки поперек направления склонового стока способствуют задержанию влаги, большему участию ее в питании растений и переводу части стока в подземную составляющую. Агротехническим мероприятиям по повышению урожайности сельскохозяйственных культур сопутствует повышенная транспирация влаги растениями. Влияние на сток оказывает также изменение залесенности речных водосборов, развитие водных сельскохозяйственных мелиораций — орошаемого земледелия и осушения заболоченных территорий.

Все более значительное влияние на сток оказывает непрерывно растущее безвозвратное потребление воды населением и промышленностью. В последние десятилетия исключительно большим по масштабам влияния на сток явилось гидротехническое строительство. Многочисленные водохранилища внесли серьезные изменения во внутригодовое распределение стока рек, особенно таких, как Волга, Днепр, Дон, Кубань, Кура, Сырдарья и др. Одновременно дополнительные потери воды с поверхности водохранилищ частично снизили речной сток. Уменьшился сток рек на многих участках их ниже водозаборов в водопроводные, ирригационные, судоходные и комплексные каналы, ниже водозаборных сооружений промышленных предприятий, тепловых станций и т. д.

Изучение влияния хозяйственной деятельности на речной сток имеет большое практическое значение. Успешное проектирование и эксплуатация водохозяйственных объектов возможны только при наличии достаточно точных исходных материалов, освещающих гидрологические характеристики речных бассейнов в естественных условиях формирования стока и масштабы и направленность изменений, вносимых в эти характеристики хозяйственной деятельностью.

Получение таких материалов связано с решением следующих задач:

1) восстановление естественных характеристик стока за прошлые годы (особенно за последние десятилетия) для получения необходимых многолетних данных, которыми оперирует современная гидрология;

2) оценка влияния хозяйственной деятельности человека на сток в будущем.

Сложность решения этих задач объясняется не только чрезвычайным многообразием хозяйственной деятельности, влияющей на сток, но и недостаточной изученностью масштабов изменений, вносимых в сток основными факторами, начиная с таких, как агролесотехнические мероприятия на водосборных бассейнах.

Изучение экспериментальных материалов (на стоковых площадках) и экспедиционных исследований и анализ данных гидрометрии на речных системах позволяют в самом первом приближении предполагать, что к 1980—1985 гг. годовой сток на некоторых реках южного склона европейской части Союза в результате агролесотехнических мероприятий в их бассейнах может снизиться на 5—8%.

Подводя итог рассмотрению ресурсов речного стока, необходимо подчеркнуть, что дальнейшее познание закономерностей его формирования и уточнение важнейших характеристик требуют систематического углубления исследований во всех аспектах, включая проблему влияния хозяйственной деятельности.

Водные ресурсы озер в настоящее время наиболее широко используются рыбным хозяйством и водным транспортом. Велико значение озер как регуляторов речного стока. По-видимому, в будущем вековые запасы водных ресурсов озер будут использоваться для пополнения недостатка воды в маловодные периоды, по прошествии которых озера могут пополняться избытком речного стока в многоводные годы. При необходимости водные ресурсы озер могут быть использованы и безвозвратно при запланированном снижении уровня водной поверхности или уменьшении объема озера.

Данные о вековых запасах водных ресурсов в наиболее крупных озерах СССР приводятся в табл. 2-6.

По ориентировочным подсчетам суммарные вековые запасы пресных вод в озерах оцениваются в объеме свыше 25 тыс. км³.

Таблица 2-6

Вековые запасы вод по наиболее крупным озерам СССР

Озеро	Объем воды в озере, км ³	Площадь водной поверхности озера, тыс. км ²	Наибольшая глубина, м
Байкал	21 670	31,5	1 741
Иссык-Куль	1 730	6,80	702
Ладожское	933	18,4	225
Онежское	295	9,60	120
Балхаш	125	22,0	20
Севан	58,5	1,40	98
Чудско-Псковское	24,1	3,55	15
Топозеро	15,7	1,05	56
Таймыр	14,0	4,65	26
Ханка	10,0	4,40	10
Выгозеро	7,2	1,20	11

При этом более 90% этого объема содержится в двух крупнейших озерах — Байкал и Иссык-Куль.

Запасы воды в горных ледниках СССР, имеющих суммарную площадь более 20 тыс. км², Институтом географии Академии наук СССР оцениваются в объеме 2 830 км³. Более 75% этого объема воды аккумулировано ледниками Памира и Тянь-Шаня.

Основное хозяйственное значение вековых запасов водных ресурсов в ледниках — естественное регулирование речного стока. Реки с ледниковым питанием имеют благоприятный режим стока для орошаемого земледелия. В летний период, когда потребность в воде для орошения наиболее значительна, на этих реках в результате таяния высокогорных ледников проходит паводок с высокими расходами воды.

Возможности и целесообразность использования вековых запасов водных ресурсов ледников при направленном искусственном таянии их в настоящее время еще недостаточно изучены. Можно полагать, что в будущем в первую очередь «сработка» вековых запасов вод ледников найдет свое место в решении задач по многолетнему и сезонному регулированию стока рек, питающихся ледниками.

Эксплуатационные запасы пресных подземных вод по состоянию на 1 января 1968 г. приведены в табл. 2-7, составленной на основе данных Всесоюзного геологического фонда Министерства геологии СССР.

Из разведанных в СССР эксплуатационных запасов подземных вод на южные районы страны приходится примерно 70% их общего объема.

Региональная оценка прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод базируется на возможности использования

естественных динамических, статических и упругих ресурсов вод. Динамические ресурсы могут быть использованы неограниченно продолжительно, поскольку являются восполняемыми. Статические и упругие ресурсы — не восполняемые. Продолжительность использования их как источника водоснабжения определяется временем сработки напора и осушения водоносного пласта. Региональная прогнозная оценка учитывает также дополнительные эксплуатационные ресурсы подземных вод, вовлекаемых в использование водозаборами в результате просачивания из других пластов, фильтрации поверхностных вод и т. д.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод для территории СССР в целом с выделением союзных республик и экономических районов впервые были оценены ВСЕГИНГЕО в 1960—1965 гг.

Общая сумма прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных и слабосоленоватых подземных вод по СССР оценивается в объеме около 220 км^3 , в том числе пресные подземные воды составляют около 184 км^3 , слабосоленоватые с минерализацией $1\text{—}3 \text{ г/л}$ — 27 км^3 и соленоватые с минерализацией $3\text{—}10 \text{ г/л}$ — 9 км^3 . Около 50% прогнозных ресурсов подземных вод относится

Таблица 2-7

Запасы подземных водных ресурсов

Союзная республика	Эксплуатационные запасы подземных вод по категориям изученности, км^3 в год		
	Всего	В том числе	
		A+B	C_1+C_2
РСФСР	4,01	2,12	1,89
Украинская	1,86	1,13	0,73
Белорусская	0,59	0,22	0,37
Молдавская	0,13	0,09	0,04
Эстонская	0,01	0,01	—
Латвийская	0,26	0,18	0,08
Литовская	0,22	0,15	0,07
Грузинская	0,80	0,08	0,72
Азербайджанская	0,70	0,19	0,51
Армянская	1,39	0,84	0,55
Казахская	2,97	1,71	1,26
Узбекская	4,00	1,93	2,07
Туркменская	0,47	0,25	0,22
Киргизская	1,93	0,64	1,29
Таджикская	0,40	0,20	0,20
СССР	19,7	9,74	10,0

Примечание. К категориям A и B относятся запасы подземных вод, детально и относительно детально изученные, с учетом данных эксплуатации и опытно-эксплуатационных откачек в первом случае и данных опытных откачек и расчетных экстраполяций во втором случае. К категориям C_1 и C_2 относятся запасы подземных вод, менее изученные, с пробными откачками в первом случае и по аналогии с разведанными участками во втором случае. Подробнее изложено в специальной литературе [Л. 2]

к территории европейской части Союза и около 29% к Средней Азии и Казахстану.

В районах с ограниченным объемом водных ресурсов практическое значение имеют солоноватые и соленые подземные воды, использование которых будет расти по мере развития техники опреснения.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы солоноватых и соленых подземных вод с минерализацией от 1 до 35 г/л в районах с ограниченным объемом пресных вод оцениваются ориентировочно ВСЕГИНГЕО в следующих размерах: в южной части Украины — 0,6—1,0 км³, в степных районах Северного Кавказа — 1,0—1,3 км³, в южной зоне Заволжья — 0,7—1,0 км³, в южных районах Западной Сибири и Казахстана — 0,6—1,0 км³, в пустынных районах Туркмении и Узбекистана — 4,5—5,5 км³.

Целесообразность использования в народном хозяйстве солоноватых и соленых подземных вод устанавливается на основании экономического сопоставления с другими источниками водоснабжения, как например, подача пресной воды из соседних районов, magazинирование части поверхностного стока в многоводные годы и т. д.

В настоящее время использование опресненных солоноватых и соленых подземных вод получает широкое развитие в сельском хозяйстве, при суточном заборе водопотребителем до 50 м³ (полевые станы, бригады, пункты водопоя отгонного животноводства и т. д.).

Получает также развитие эксплуатация соленых и солоноватых подземных вод групповыми водозаборами для обеспечения сравнительно крупных водопотребителей.

Значительное распространение на территории СССР имеют термальные воды. По условиям залегания термальные воды приурочены к платформенным и горноскладчатым гидрогеологическим областям.

В пределах платформенных областей, представляющих собою крупные артезианские бассейны, на больших площадях распространены термальные воды пластового и трещинно-пластового типов. В складчатых областях термальные воды приурочены к зонам тектонических разломов.

Термальные подземные воды являются ценным источником тепловой энергии. Известно, что в течение продолжительного периода термальные воды используют для выработки электроэнергии в Италии, Новой Зеландии, США и Японии. Для теплоснабжения ими пользуются в Исландии, Болгарии, Венгрии и др. В Советском Союзе термальные воды также используют для выработки электроэнергии (Камчатский полуостров) и теплоснабжения (в г. Махач-Кала, ряде курортов, тепличных хозяйствах и плавательных бассейнах).

В СССР к перспективным районам месторождений термальных вод относятся Камчатка, Курильские острова, Сахалин, За-

падная Сибирь, юг Казахстана, равнинный Узбекистан, степной Крым, Предкавказье и Закавказье.

Прогнозные запасы термальных вод на площади указанных перспективных районов по данным ВСЕГИНГЕО достигают более 8 км³ в год. Таким образом, за счет термальных вод могут быть покрыты значительные тепловые нагрузки.

Следует указать, что термальные воды в большинстве случаев являются лечебными, а в ряде районов могут служить сырьем для получения химических элементов. Использование всех полезных свойств термальных вод увеличит их экономическую эффективность.

2-2

Гидроэнергетические ресурсы СССР

СССР располагает большими возможностями развития гидроэнергетики; на территории СССР сосредоточено около 12% мировых запасов гидроэнергии.

Энергетический потенциал речного стока по отношению к уровню морей или базисов эрозии для замкнутых бассейнов определен для всей территории СССР в размере 3942 млрд. кВт·ч в среднем в год. Это соответствует эффекту равномерно действующей круглый год установки мощностью в 450 млн. кВт.

Энергия рек в силу влагооборота на земле возобновляема. Ее цикличность полностью зависит от речного стока, и поэтому гидроэнергетические ресурсы неравномерно распределяются внутри года и изменчивы из года в год. В обобщенном виде гидроэнергетические ресурсы характеризуются, как и водные ресурсы, среднемноголетней величиной.

Энергия рек в естественных условиях тратится или гасится на размыв дна и берегов русла, на переработку и перенос твердого материала, на выщелачивание и перенос солей, на преодоление трения. Такого рода эрозионная деятельность рек приобретает иногда вредный, или даже грозный характер, например нарушение устойчивости берегов, разрушения при наводнении и др. В ряде случаев речная эрозия имеет полезный для деятельности человека характер, например вынос из горных пород рудных и минеральных веществ, вынос галечника в районы размываемых морских побережий, вынос и накопление строительных материалов и т. п., однако во всех этих случаях коэффициент полезного действия использования энергетического ресурса, как правило, ничтожно мал.

Гидроэнергетические ресурсы СССР как и водные, неравномерно распределены по территории страны, наименьшая доля их приходится на районы Русской равнины. На величину и распределение гидроэнергетического потенциала в значительной мере влияет, кроме водных ресурсов, рельеф территории и раз-

Таблица 2-8

Распределение гидроэнергетических и водных ресурсов на территории СССР

Союзная республика и экономический район	Площадь терри- тории, тыс. км ²	Речной сток, ¹ км ³	Валовой потенциал гидроэнергетических ресурсов ²			
			млрд. квт·ч	% обще- союзного	тыс. квт·ч на 1 км ² террито- рии	млн. квт·ч на 1 км ³ речного стока
РСФСР	17 075	4 171*	2 896	73,5	170	700
В том числе районы:						
Северо-Западный ³	1 678	547*	125,6	3,2	75	230
Центральный	485	118	16,6	0,4	35	140
Волго-Вятский	263	160	15,7	0,4	60	100
Центрально - Черно- земный	168	22,1	2,9	0,1	17	130
Поволжский	680	277	72,6	1,9	105	265
Северо-Кавказский	355	74,6	127	3,2	360	1 700
Уральский ⁴	680	112	40,6	1,0	59	357
Западно-Сибирский ⁴	2 427	582*	272,7	7,0	112	468
Восточно-Сибирский	4 123	1 137*	1 012,6	25,7	245	884
Дальневосточный	6 216	1 784*	1 209,5	30,5	194	678
Украинская ССР	604	209	44,7	11,1	75	215
Белорусская ССР	208	57,7	7,6	0,2	35	130
Узбекская ССР	450	117	88,5	2,3	200	750
Казахская ССР	2 715	121	198,6	3,0	75	1 630
Грузинская ССР	69,7	62,8	159,4	4,1	2 285	2 560
Азербайджанская ССР	86,6	30,6	43,5	1,1	505	1 420
Литовская ССР	65,2	26,3	5,4	0,1	85	205
Молдавская ССР	33,7	11,4	2,1	20,1	60	185
Латвийская ССР	63,7	35,4	7,2	0,2	110	205
Киргизская ССР	198	52,8	142,5	3,6	730	2 750
Таджикская ССР	143	71,2	299,6	7,6	2 100	4 180
Армянская ССР	29,8	7,9	21,8	0,6	730	2 770
Туркменская ССР	488	68,6	23,9	0,6	50	350
Эстонская ССР	45,1	11,8	1,4	0,1	30	120
Европейская часть	5 320	1 241	692	17,5	130	555
Азиатская часть	16 955	3 465*	3 250	82,5	190	940
В том числе:						
Сибирь и Дальний Восток	12 961	3 244*	2 494,8	63,3	193	768
Средняя Азия	1 279	135	554,5	14,1	430	4 100
СССР	22 275	4 688**	3 942	100	175	840

¹ Для каждого района учтен речной сток как формирующийся на данной территории, так и поступающий из смежных районов.

² Валовой или теоретический потенциал энергии рек определяется по формуле $E = 8,760 \sum Q_i H_i$,

где E — квт·ч; Q_i — средний годовой расход реки на рассматриваемом участке, м³/сек; H_i — падение реки на участке, м.

³ Условно включена территория Калининградской области.

⁴ Учтено административное деление территории СССР по состоянию на 1/1 1970 г. Европейская часть СССР принята с включением Урала, но без его восточной территории, расположенной в бассейне р. Оби; учтена также западная часть Казахстана до р. Урала.

* Без учета островов Северного Ледовитого океана.

** Без островов Северного Ледовитого океана, но с учетом 330 км³ — притока из-за рубежа.

ность между средней высотой данной территории и местным базисом эрозии. В табл. 2-8 это характеризуется величиной валового гидроэнергетического потенциала крупных, средних и малых рек, отнесенного к 1 км^3 поверхностного стока данной территории.

Эродирующее воздействие речного стока хорошо характеризуется величиной валового потенциала гидроэнергоресурсов, приходящегося на 1 км^2 территории. На европейскую территорию страны приходится 130 тыс. $\text{квт} \cdot \text{ч}$ в год на 1 км^2 ; для районов Русской равнины эта величина находится в пределах от 17 до 100 тыс. $\text{квт} \cdot \text{ч}$ в год на км^2 , для Кавказа от 360 до 2 285 тыс. $\text{квт} \cdot \text{ч}$ в год на 1 км^2 .

Из общего валового потенциала энергии речного стока обычно выделяют потенциал крупных и средних рек.

Гидроэнергетический потенциал 4 483 крупных и средних рек страны равен 3 338 млрд. $\text{квт} \cdot \text{ч}$, в том числе рек европейской части СССР и Кавказа — 588 млрд. $\text{квт} \cdot \text{ч}$, или 17,6%, и рек азиатской части СССР — 2 750 млрд. $\text{квт} \cdot \text{ч}$, или 82,4%. Это основной фонд гидроэнергетических ресурсов страны, который может быть использован для гидроэнергетического строительства; он составляет примерно 85% всего валового потенциала энергии речного стока страны. В табл. 2-9 приведены данные о гидроэнергоресурсах крупнейших по величине энергетического потенциала рек СССР.

Процесс использования гидроэнергетических ресурсов сопряжен с неизбежными потерями: гидравлическими — в водоводах, механическими и электрическими — в оборудовании; часть участков рек (самые верховья и приустьевые участки) практически не может быть использована; часть воды будет потеряна на испарение из водохранилищ, часть ее будет потеряна на фильтрацию. Суммарные потери при освоении гидроэнергетического потенциала составят, в целом для страны, 36%. Следовательно, из общей величины гидроэнергоресурсов средних и крупных рек, оцениваемой в 3 338 млрд. $\text{квт} \cdot \text{ч}$, может быть освоено лишь 64%, т. е. 2 106 млрд. $\text{квт} \cdot \text{ч}$. Эта последняя величина называется техническим потенциалом, она характеризует технически достижимую величину использования гидроэнергетического потенциала.

Практическое значение имеет экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов СССР, т. е. та часть гидроэнергетических ресурсов, которую в свете современных воззрений на развитие энергетики и экономических оценок целесообразно использовать в обозримой перспективе. Оценка экономически целесообразных размеров использования гидроэнергоресурсов производится на основе проектных материалов.

Ко времени последнего учета гидроэнергоресурсов СССР, на 1965 г., страна располагала проектным материалом с различной детальностью проработок по 1 351 гидроэлектростанции на об-

Таблица 2-9

Крупнейшие по величине гидроэнергоресурсы реки СССР

Река	Энергетический потенциал, млрд. кВт·ч	Река	Энергетический потенциал, млрд. кВт·ч	Река	Энергетический потенциал, млрд. кВт·ч
Енисей	158,3	Олекма	25,5	Омолон	13,1
Лена	144,0	Иртыш	25,2	Кама	12,7
Пяндж, п.	97,6	Вилуй	22,5	Кафырниган	12,5
Ангара	93,9	Котуй	20,9	Аракс, п.	12,5
Амур, п.	82,9	Учур	18,2	Ингури	12,3
Волга	54,3	Подкаменная	18,0	Печора	12,3
Обь	51,4	Тунгуска		Мая	12,1
Витим	50,7	Зеравшан	17,6	Селемджа	12,0
Алдан	48,9	Оби-Хингоу	17,6	Абакан	12,0
Вахш	44,9	Сырдарья	17,6	Чуна	11,8
Нижняя Тунгуска	41,0	Зея	17,4	Ока	11,0
Колыма	39,8	Кура	16,6	Чара	11,0
Индиگیرка	39,6	Томь	15,2	Терек	10,9
Нарын	36,5	Сурхоб	14,7	Кубань	10,7
Амударья, п.	36,0	Бурея	14,6	Гонам	10,2
Катунь	31,0	Днепр	14,6	Анадырь	10,2

Примечание. Буквой «п» отмечены пограничные реки.

щую мощность 315,7 млн. кВт, с суммарной выработкой 1 420 млрд кВт·ч. При обобщении этих данных был определен экономический потенциал гидроэнергоресурсов СССР в размере 1095 млрд. кВт·ч среднегодовой выработки. В табл. 2-10 приведены данные о распределении экономического потенциала гидроэнергоресурсов по территории СССР. Там же в последнем столбце показан для каждого района возможный средний к. п. д. использования энергетического ресурса; эта величина определилась как отношение величины экономического потенциала к величине валового потенциала гидроэнергии.

Из табл. 2-10 видно, что огромные гидроэнергетические ресурсы сосредоточены в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Многоводные реки, стекающие с Сибирского плоскогорья, образуют систему бассейна Енисея, обладающую высоким энергетическим потенциалом, это кладовая гидроэнергетических богатств СССР.

Районом наиболее высокой концентрации гидроэнергии является горная система Памиро-Алая в пределах Таджикской ССР. Здесь экономический потенциал гидроэнергии на каждый квадратный километр территории составляет в среднем по 592 тыс. кВт·ч в год. Почти столь же высокой концентрацией

Таблица 2-10

Распределение экономического потенциала гидроэнергетических ресурсов на территории СССР

Союзная республика и экономический район	Площадь территории, тыс. км ²	Речной сток ¹ , км ³	Экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов				Доля от валового гидро- энергопотенциала
			млрд. кВт·ч	% общесоюзного	млн. кВт·ч на тыс. км ² территории	млн. кВт·ч на 1 км ³ речного стока	
РСФСР	17 075	4 171*	852	77,8	50	205	0,30
В том числе районы:							
Северо-Западный ²	1 678	547*	43	3,9	26	78	0,34
Центральный	485	118	6	0,6	12	51	0,36
Волго-Вятский	263	160	7	0,6	26	44	0,45
Центрально - Черно- земный	168	22,1	—	—	—	—	0
Поволжский	680	277	41	3,7	60	145	0,56
Северо-Кавказский	355	74,6	25	2,3	70	335	0,20
Уральский	680	112	9	0,8	13	80	0,22
Западно-Сибирский	2 427	582*	77	7,0	32	132	0,28
Восточно-Сибирский	4 123	1 137*	345	31,5	84	304	0,34
Дальневосточный	6 216	1 784*	299	27,4	47	165	0,24
Украинская ССР	604	209	17	1,6	28	81	0,38
Белорусская ССР	208	57,7	0,9	0,1	4	16	0,12
Узбекская ССР	450	117	11	1,0	24	94	0,12
Казахская ССР	2 715	121	27	2,4	10	222	0,14
Грузинская ССР	69,7	62,8	32	2,9	455	508	0,20
Азербайджанская ССР	86,6	30,6	7	0,6	81	228	0,16
Литовская ССР	65,2	26,3	2,2	0,2	34	83	0,41
Молдавская ССР	33,7	11,4	0,7	0,1	21	61	0,33
Латвийская ССР	63,7	35,4	3,9	0,4	61	110	0,54
Киргизская ССР	198	52,8	48	4,4	244	905	0,34
Таджикская ССР	143	71,2	85	7,7	592	1180	0,28
Армянская ССР	29,8	7,9	6	0,6	200	760	0,27
Туркменская ССР	488	68,7	1,7	0,2	3,5	25	0,07
Эстонская ССР	45,1	11,8	0,05	<0,1	1,1	4,2	0,04
Европейская террито- рия ³	5 320	1 241	201	18,4	38	162	0,30
Азиатская территория	16 955	3 465*	894	81,6	53	258	0,27
В том числе:							
Сибирь и Дальний Восток	12 961	3 244*	721	65,9	55	222	0,30
Средняя Азия	1 279	135	146	13,3	112	1 080	0,26
СССР	22 275	4 688*	1 095	100,0	50	234	0,28

¹ Для каждого района учтен речной сток как формирующийся на данной территории, так и поступающий из смежных районов.

² Условно включена территория Калининградской области.

³ Европейская часть СССР принята с включением Урала, но без его восточной территории, расположенной в бассейне р. Оби. По европейской части СССР учтена также западная часть Казахстана до р. Урала.

* Без учета островов Северного Ледовитого океана.

Экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов отдельных стран

Страна	Год оценки	Экономический потенциал, млрд. кВт·ч	Страна	Год оценки	Экономический потенциал, млрд. кВт·ч
СССР	1965	1095	Швеция	1966	80
США	1966	685	Мексика	1967	73
Бразилия	1966	657	Франция	1967	70
Канада	1965	218	Италия	1966	70
Норвегия	1967	152	Аргентина	1966	67
Чили	1962	146	Новая Зеландия	1966	65
Япония	1967	132	Испания	1967	58
Перу	1966	109	Турция	1967	57
Пакистан	1967	105	Австрия	1966	38
Венесуэла	1967	98	Швейцария	1967	32

гидроэнергии характеризуются районы Большого Кавказа — Грузинской ССР — 455 тыс. кВт·ч на 1 км². Высокой концентрацией гидроэнергии выделяются и районы Малого Кавказа — Армянской ССР.

В этих же районах, как это следует из табл. 2-10, каждый кубический метр (километр) воды является носителем высокого энергетического потенциала.

Экономический потенциал гидроэнергии является основной характеристикой гидроэнергоресурсов во всем мире, и методика его оценки примерно одинакова в большинстве стран. По запасам гидроэнергетики СССР значительно превосходит все страны мира (табл. 2-11).

СССР является третьей страной в мире по уровню развития гидроэнергетики, хотя у нас освоена лишь незначительная часть гидроэнергетических богатств. Выработка всех гидроэлектростанций в 1969 г. составила 115,2 млрд. кВт·ч.

Для оценки степени освоения гидроэнергетического потенциала характерна проектная выработка действующих и строящихся гидроэлектростанций (табл. 2-12).

В табл. 2-13 приведены сопоставительные данные о степени освоения гидроэнергетического потенциала и величине выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях в 12 ведущих странах мира. Таблица составлена по материалам, представленным на Мировую энергетическую конференцию 1968 г.

Степень освоения гидроэнергетических ресурсов наиболее обжитой части страны — европейской территории и Кавказа, где

Таблица 2-12

Освоение экономического потенциала гидроэнергетических ресурсов СССР на 1 января 1970 г.

Экономический район	Экономический потенциал гидроэнергии, млрд. кВт·ч	Возможная среднегодовая выработка, млрд. кВт·ч		Использование экономического потенциала гидроэнергии, %		
		действующими ГЭС	строящимися ГЭС	действующими ГЭС	строящимися ГЭС после их пуска	действующими и строящимися ГЭС
Северо-Западный, Прибалтийский, Белорусский	50	12,5	2,2	25,0	4,4	29,4
Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский, Поволжский, Уральский	63	34,8	6,3	55,0	10,0	65,0
Северо-Кавказский	25	2,1	3,4	8,4	13,6	22,0
Закавказский	45	5,7	6,7	12,7	14,9	27,5
Украинская и Молдавская ССР	18	9,2	1,3	51,6	7,2	58,8
Западно-Сибирский	77	1,8	—	2,4	—	2,4
Восточно-Сибирский	345	44,6	49,2	13,0	14,2	27,2
Дальневосточный	299	1,1	6,8	0,4	2,3	2,7
Среднеазиатский, Казахстанский	173	11,4	19,4	6,6	11,2	17,8
СССР	1 095	123,2	95,3	11,2	8,7	19,9
В том числе:						
Европейская территория и Кавказ	201	64,3	19,9	32,0	9,8	41,8
Азиатская территория	894	58,9	75,4	6,6	8,5	15,1

Примечание. Данные по экономическому потенциалу гидроэнергоресурсов взяты из книги «Гидроэнергетические ресурсы», изд-во «Наука», 1967, с корректировкой на территориальное деление СССР по состоянию на 1/1 1970 г. Европейская часть СССР принята с включением Урала, но без его восточной территории, расположенной в бассейне р. Оби. По европейской части СССР учтена также западная часть Казахстана до р. Урала.

сосредоточено свыше 75% населения, достаточно велика — 31,7%, почти наравне с США. В целом же по стране действующими гидроэлектростанциями используется всего лишь 10% экономического потенциала. В резерве имеются огромные ресурсы.

Данные табл. 2-12 показывают, что с учетом строящихся гидроэлектростанций степень освоения экономического потенциала гидроэнергоресурсов на европейской территории страны становится большой. Этим и объясняются затруднения с выдвиганием новых объектов гидроэнергетического строительства в районах Северо-Запада, Центра, Поволжья, Юга и Урала (рис. 2-3). Большие возможности гидроэнергетического строительства имеются на Кавказе.

Таблица 2-13

Степень освоения гидроэнергетических ресурсов в различных странах мира¹

Страна	Экономический потенциал гидроэнергоресурсов, млрд. кВт·ч	Фактическая выработка электроэнергии на ГЭС в данный год, млрд. кВт·ч	Год	Степень использования экономического потенциала гидроэнергоресурсов, %
СССР	1 095	115,2	1969	10,4
США	685	196,9	1967	28,5
Канада	218	130,1	1966	60,0
Япония	132	78,9	1966	60,0
Норвегия	152	53,4	1967	35,0
Франция	70	46,5	1967	66,7
Швеция	80	46,1	1966	57,5
Италия	70	44,0	1966	63,0
Швейцария	32	28,1	1966	88,0
Испания	58	24,6	1967	42,5
Бразилия	657	24,2	1966	3,7
Мексика	73	18,3	1967	24,8
Австрия	38	18,1	1966	47,5

¹ Степень использования гидроэнергоресурсов определена по фактической выработке ГЭС за указанный год.

В Восточной Сибири действующими и строящимися гидроэлектростанциями будет освоено около одной трети экономического потенциала гидроэнергоресурсов.

Гидроэлектростанции всегда рассматривались как источник получения электроэнергии и мощности. В ряде случаев роль гидроэлектростанций в топливно-энергетическом балансе была столь же значима, как и в балансе мощностей. В современных крупных

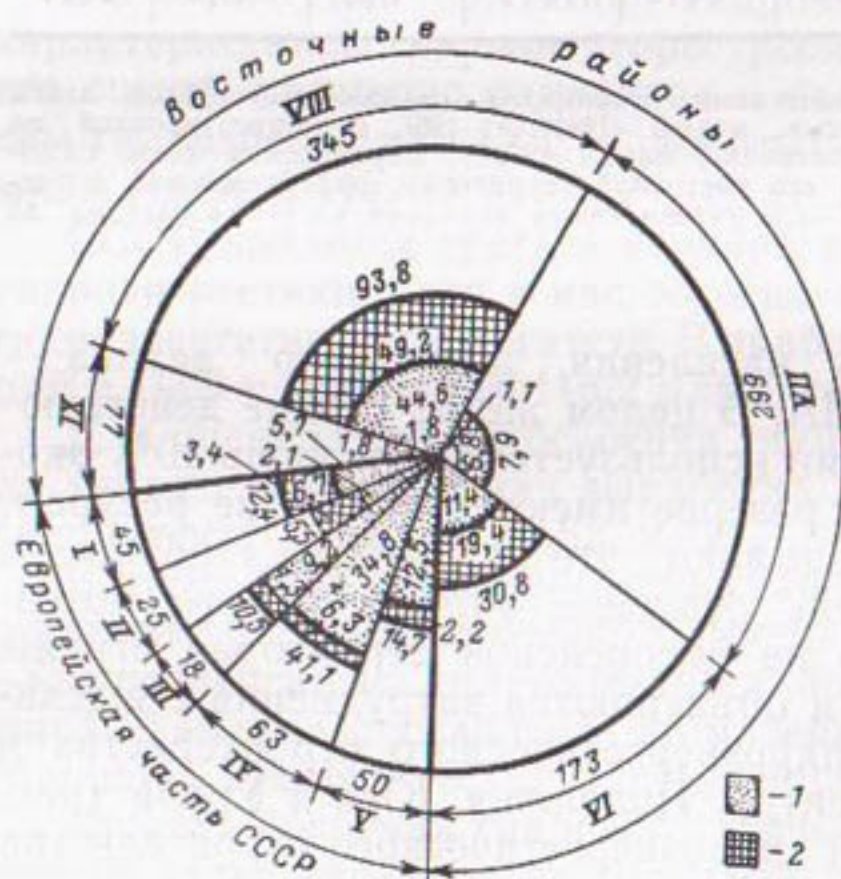


Рис. 2-3. Диаграмма [площадная] распределения по крупным экономическим районам СССР экономического потенциала гидроэнергии [млрд. кВт·ч] с показанием степени освоения его действующими и строящимися гидроэлектростанциями по состоянию на 1/1 1970 г.

I — Закавказье; II — Северный Кавказ; III — Юг; IV — Центр, Поволжье и Урал; V — Северо-Запад; VI — Средняя Азия и Казахстан; VII — Дальний Восток; VIII — Восточная Сибирь; IX — Западная Сибирь; 1 — действующие ГЭС; 2 — строящиеся ГЭС.

Таблица 2-14

Гидроэнергетические ресурсы СССР

Экономический район	Экономический потенциал гидроэнергии, млрд. квт·ч	Возможная среднегодовая выработка действующих и строящихся ГЭС, млрд. квт·ч	Неиспользованная часть экономического потенциала гидроэнергии, млрд. квт·ч	Вероятное число часов использования мощности будущих ГЭС	Неиспользованная часть экономического потенциала гидроэнергии, млн. квт
Северо-Западный, Прибалтийский, Белорусский	50	14,7	35,3	2 000	17,6
Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский, Поволжский, Уральский	63	41,1	21,9	2 000	11,0
Северо-Кавказский	25	5,5	19,5	2 500	7,8
Закавказский	45	12,4	32,6	3 000	10,9
Украинская и Молдавская ССР	18	10,5	7,5	1 500	5,0
Западно-Сибирский	77	1,8	75,2	4 500	16,7
Восточно-Сибирский	345	93,8	251,2	5 000	50,2
Дальневосточный	299	7,9	291,1	5 000	58,2
Среднеазиатский, Казахстанский	173	30,8	142,2	4 000	35,6
СССР	1 095	218,5	876,5	4 100	213,0
В том числе:					
Европейская территория и Кавказ	201	84,2	116,8	2 250	52,3
Азиатская территория	894	134,3	759,7	4 700	160,7

Примечание. Европейская часть СССР принята с включением Урала, но без его восточной территории, расположенной в бассейне р. Оби. По европейской части СССР учтена также западная часть Казахстана до р. Урала.

энергетических системах, в которых начинают преобладать мощные блочные агрегаты с высокими параметрами пара и растет мощность атомной энергетики, возникает все больший спрос на высокоманевренные электростанции для покрытия пиковой части графика нагрузок. Таковыми являются гидроэлектростанции. В этих случаях основная ценность гидроэлектростанции определяется ее мощностью. При одной и той же величине используемого энергетического ресурса мощность гидростанции будет различной в разных энергосистемах. Отсюда следует, что применяемая у нас характеристика гидроэнергетических ресурсов в киловатт-часах не полностью отображает в настоящее время их практическую ценность. Ее необходимо восполнить еще и показателями располагаемого потенциала мощности, как это делается в большинстве других стран.

Таблица 2-15

Экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов СССР
и степень его освоения на 1 января 1970 г.

Экономический район	Экономический потенциал гидроэнергии		Освоено или осваивается действующими или строящимися гидростанциями		Неиспользованная часть экономического потенциала (ресурсы для будущего)	
	млрд. квт·ч	млн. квт	млрд. квт·ч	млн. квт	млрд. квт·ч	млн. квт
Северо-Западный, Прибалтийский, Белорусский	50	21,6	14,7	4,0	35,3	17,6
Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский, Поволжский, Уральский	63	22,5	41,1	11,5	21,9	11,0
Северо-Кавказский	25	9,8	5,5	2,0	19,5	7,8
Закавказский	45	14,7	12,4	3,8	32,6	10,9
Украинская и Молдавская ССР	18	9,0	10,5	4,0	7,5	5,0
Западно-Сибирский	77	17,1	1,8	0,4	75,2	16,7
Восточно-Сибирский	345	71,0	93,8	20,8	251,2	50,2
Дальневосточный	299	60,3	7,9	2,1	291,1	58,2
Среднеазиатский и Казахстанский	173	43,0	30,8	7,4	142,2	35,6
СССР	1 095	269,0	218,5	56,0	876,5	213,0
В том числе:						
Европейская часть и Кавказ	201	77,6	84,2	25,3	116,8	52,3
Азиатская часть	894	191,4	134,3	30,7	759,7	160,7

Примечания: 1. Данные табл. 2-15 получены: столбцы 4, 6 и 7 из табл. 2-14; 5 — по статистике и подсчетам; 3 — как сумма столбцов 5 и 7.
2. Данные столбцов 4 и 5 приведены по ГЭС крупнее 5 тыс. квт.
3. Европейская часть СССР принята с включением Урала, но без его восточной территории, расположенной в бассейне р. Оби. По европейской части СССР учтена также западная часть Казахстана до р. Урала.

В расчетах по развитию энергетики страны в перспективе, выполненных за последние годы, была определена рациональная структура электростанций энергосистем и выявлены возможная роль гидроэлектростанций и требования к гидроэнергетике. Обобщая эти материалы, можно с достаточной степенью приближения оценить для каждой из объединенных энергосистем среднее наиболее вероятное число часов использования мощности вновь вводимых ГЭС. Для европейской территории это около 2000 ч, для восточных районов — около 4000 ч в год. В табл. 2-14 приведены данные по районам и соответствующая этому числу часов использования мощность, при которой может быть рационально израсходован экономический потенциал гидроэнергии. Эта таблица характеризует возможности, которыми

располагает страна в области гидроэнергетического строительства.

В дальнейшем для полноты картины следовало бы осветить также и возможности строительства гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). В настоящее время кадастровые материалы по ГАЭС еще не разработаны в такой степени, чтобы можно было сделать обобщения. Это весьма перспективное направление гидроэнергетики проходит сейчас стадию первичного накопления проектных материалов и кадастровых разработок.

Состояние освоения экономического потенциала гидроэнергии страны характеризует табл. 2-15.

Литература

1. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза, Гидрометиздат, 1967.
2. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод. Госгеолтехиздат, 1962.
3. Народное хозяйство СССР в 1968 г., Статистический ежегодник, изд-во «Статистика», 1969.
4. Народное хозяйство СССР в 1967 г. Статистический ежегодник, изд-во «Статистика», 1968.
5. Энергетические ресурсы, Гидроэнергетические ресурсы, изд-во «Наука», 1967.
6. Бесчинский А. А. и Боровой А. А., Техничко-экономические принципы и направления развития гидроэнергетики в СССР, «Гидротехническое строительство», 1968, № 8.
7. Энергетика мира и перспективы ее развития. Доклады VII Мировой энергетической конференции, проходившей в Москве в 1968 г., изд-во «Энергия», 1970 г.

Комплексное использование и охрана водных ресурсов¹

3

3-1

Общие принципы комплексного использования и охраны водных ресурсов

Созданное за годы Советской власти водное хозяйство СССР достигло уровня крупной отрасли народного хозяйства.

Объем основных производственных фондов водного хозяйства по ориентировочной оценке составляет свыше 25 млрд. руб. В силу сложившихся в стране условий основные фонды до самого последнего времени создавались практически за счет капитальных вложений, выделяемых на развитие отдельных отраслей. Наибольшие производственные фонды созданы по промышленному и коммунальному водоснабжению (45%), гидроэнергетике (24%), сельскохозяйственным водным мелиорациям (22%).

Основной принцип развития водного хозяйства в нашей стране — комплексное использование водных ресурсов — наилучшим образом удовлетворяет многообразным требованиям различных отраслей народного хозяйства и позволяет добиться наибольшего экономического эффекта от производимых капитальных вложений. Так, воднотранспортная реконструкция Волги, Днепра, Дона и других рек стала возможна только в связи с энергетическим использованием этих рек. В свою очередь заинтересованность в регулировании стока других отраслей водного хозяйства позволила снизить капитальные затраты на энергетику в среднем по стране на 20—25%, а по отдельным гидроузлам до 50%.

Динамику развития водного хозяйства СССР можно иллюстрировать приведенными в табл. 3-1 показателями (водопотребление за 1913 и 1940 гг. дано по приближенным оценкам). Приведенные данные характеризуют высокие темпы развития водного хозяйства в нашей стране.

За годы советской власти создана новая отрасль водного хозяйства — гидроэнергетика: выработка энергии гидроэлектро-

¹ В подготовке материалов гл. 3 кроме указанных авторов принимали участие Л. К. Липинская, Л. В. Минькович-Печерский и О. П. Попова.

Таблица 3-1

Некоторые показатели развития народного хозяйства СССР

Показатели	Годы		
	1913	1940	1968
Население, млн. человек	159	194	236,7
Валовая продукция промышленности (по отношению к 1913 г.)	1	7,7	79
Выработка электроэнергии гидроэлектростанциями, млрд. кВт·ч	0,04	5,1	104,0
Площади орошаемых земель, млн. га	4,0	6,0	9,3
Площади осушенных земель, млн. га	3,2	4,0	8,8
Уловы рыбы на внутренних водоемах, млн. ц	8,2	7,5	10,8
Объем перевозок грузов речным транспортом, млн. т	35	73	322,5
Объем воды, используемой в народном хозяйстве, млрд. м ³	45	80	250
В том числе:			
водопотребление промышленностью и населением	3	18	75
водопотребление сельским хозяйством	40	60	135

станциями в 1969 г. достигла 115,2 млрд. кВт·ч, а установленная мощность 29,7 млн. кВт. Площадь орошаемых земель увеличилась в 2,3 раза. Общий объем водопотребления возрос почти в 6 раз, при этом водопотребление промышленностью и населением возросло в 25 раз, а сельским хозяйством — более чем в 3 раза. Водное хозяйство превратилось в крупную сферу общественного производства.

Несмотря на то что каждое направление водного хозяйства (водоснабжение, гидроэнергетика, орошение, водный транспорт и т. д.) имеет свои специфические особенности, началом, объединяющим их в единое водное хозяйство страны, является широкое использование общих ресурсов. Если в недалеком прошлом использование воды отдельными отраслями могло осуществляться независимо друг от друга, то при современных масштабах экономического развития народного хозяйства использование водных ресурсов страны должно быть рационально увязано как в интересах отдельных водопотребителей и водопользователей, так и в интересах всего водохозяйственного комплекса. Сказанное относится не только к количественной стороне водных ресурсов; в такой же степени это относится и к качеству воды. Как известно, речные системы являются не только источниками водоснабжения и получения гидравлической энергии, воднотранспортными магистралями, средой обитания рыбы, но и служат одновременно путями отведения промышленных и коммунальных стоков,

возвратных вод с полей орошения. В прошлом, когда количество сточных вод было небольшим, речные системы справлялись с загрязнениями. В современных условиях во многих случаях объем сточных вод настолько значителен, а загрязнения настолько специфичны (нефтепродукты, органические и токсические вещества и т. д.), что даже крупные водотоки оказываются загрязненными. Поэтому рациональное комплексное использование водных ресурсов — понятие, включающее в себя одновременно и условие охраны вод от загрязнения.

Регулирование речного стока, подача воды потребителям, мероприятия по очистке сточных вод и по поддержанию необходимого качества водных ресурсов требуют систематических значительных затрат общественного труда. В этих условиях водные ресурсы становятся «сырьем», «добыча», использование и охрана которого должны осуществляться в общем хозяйстве страны.

На всех этапах развития водного хозяйства СССР гидроэлектростанции обычно выступают ведущим участником водохозяйственного комплекса, принимая на себя основные материальные затраты по регулированию стока рек, освоению новых районов, строительству дорог, городов, промышленных предприятий.

При этом одновременно в комплексе решаются вопросы, связанные с развитием других направлений водного хозяйства. Так, строительство Днепрогэса позволило не только получить дешевую электроэнергию для промышленных и сельскохозяйственных районов Приднепровья и западной части Донбасса, но и улучшить судоходные условия на значительных по протяженности участках реки выше и ниже гидроузла. Днепр стал устойчивым источником водоснабжения развивающейся промышленности и населенных пунктов. Волжско-Камский и Днепровский каскады гидроэлектростанций с водохранилищами, регулирующими речной сток, кроме выработки 50 млрд. кВт·ч электроэнергии в год создали предпосылки для широкого развития орошаемого земледелия в южных районах Украины (включая земли Крыма), Заволжья, Прикаспия и Западного Казахстана. Каскады гидроэнергетических узлов позволили осуществить водотранспортную реконструкцию Волжско-Камского и Днепровского судоходных путей (рис. 3-1 и 3-2). Волжский каскад электростанций вместе с Цимлянкой ГЭС позволили создать единый глубоководный путь, включающий Каму на участке от Корчево до устья, Волгу на участке от Калинина до устья и Дон ниже Калача. Днепровский каскад гидроэлектростанций позволил увеличить глубины Днепра на участке от Киева до Херсона.

На базе водохранилищ действующих гидроэлектростанций можно оросить более 7 млн. га земель, хотя в настоящее время орошается только 1,3 млн. га.

Регулирование стока, сопутствующее гидроэнергетическому строительству, обеспечивает высокую надежность водоснабжения промышленности и населенных мест во всех районах, где оно осу-

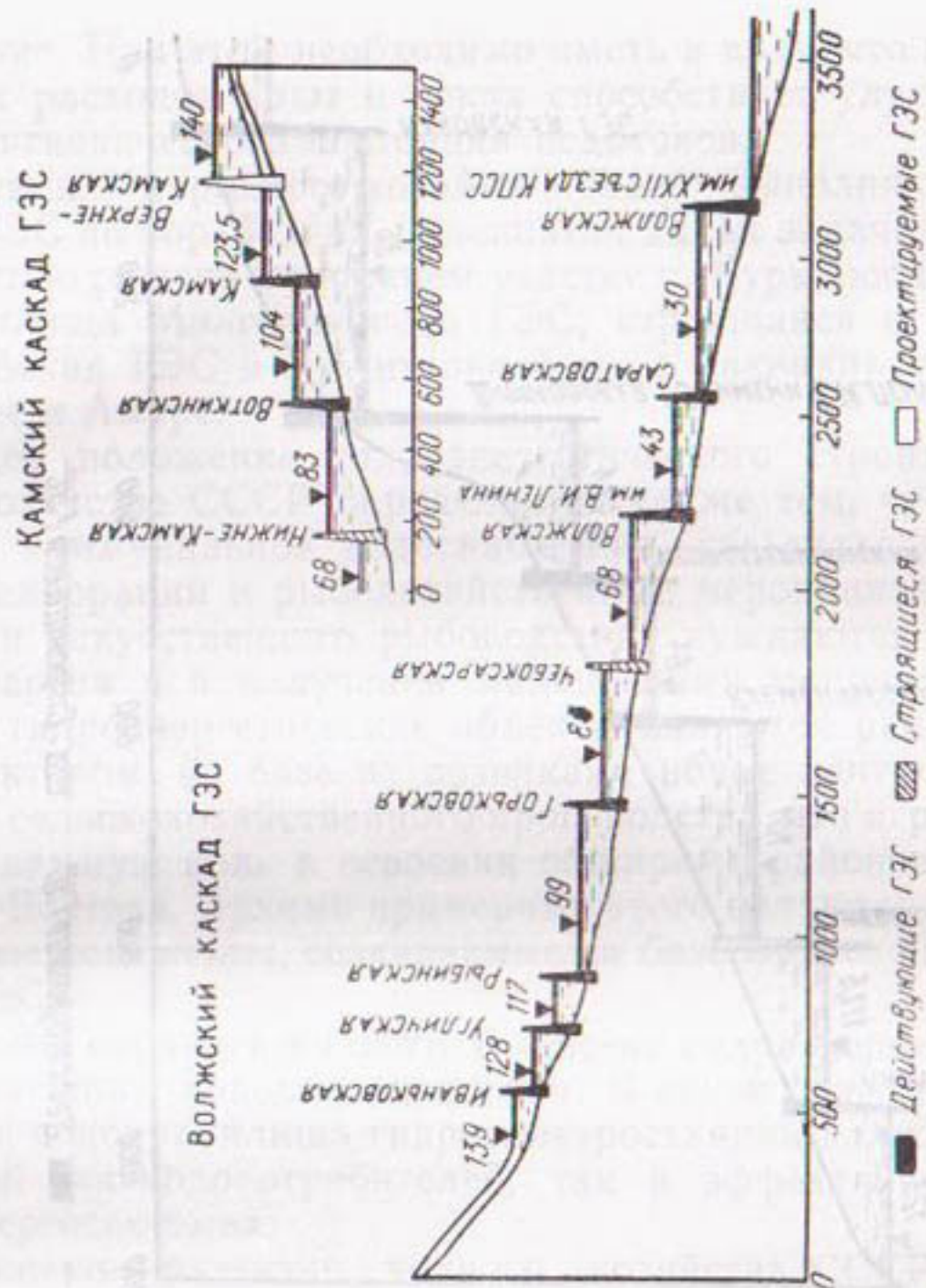
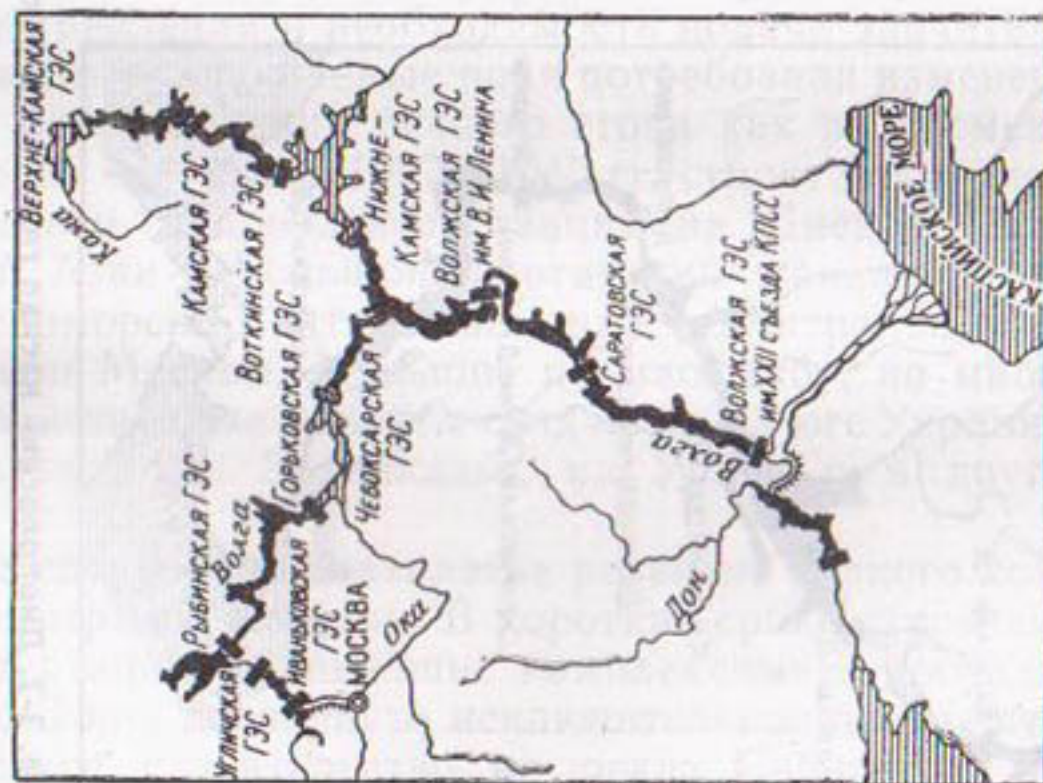


Рис. 3-1. Волжско-Камский каскад гидроэлектростанций.

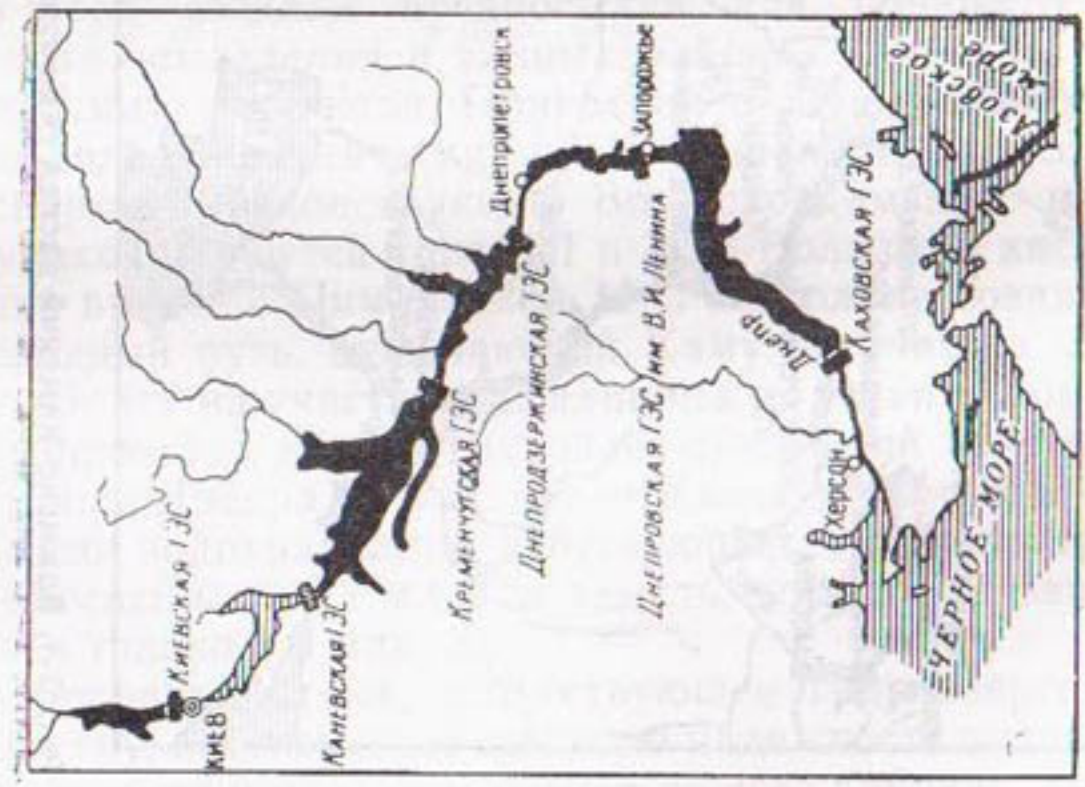
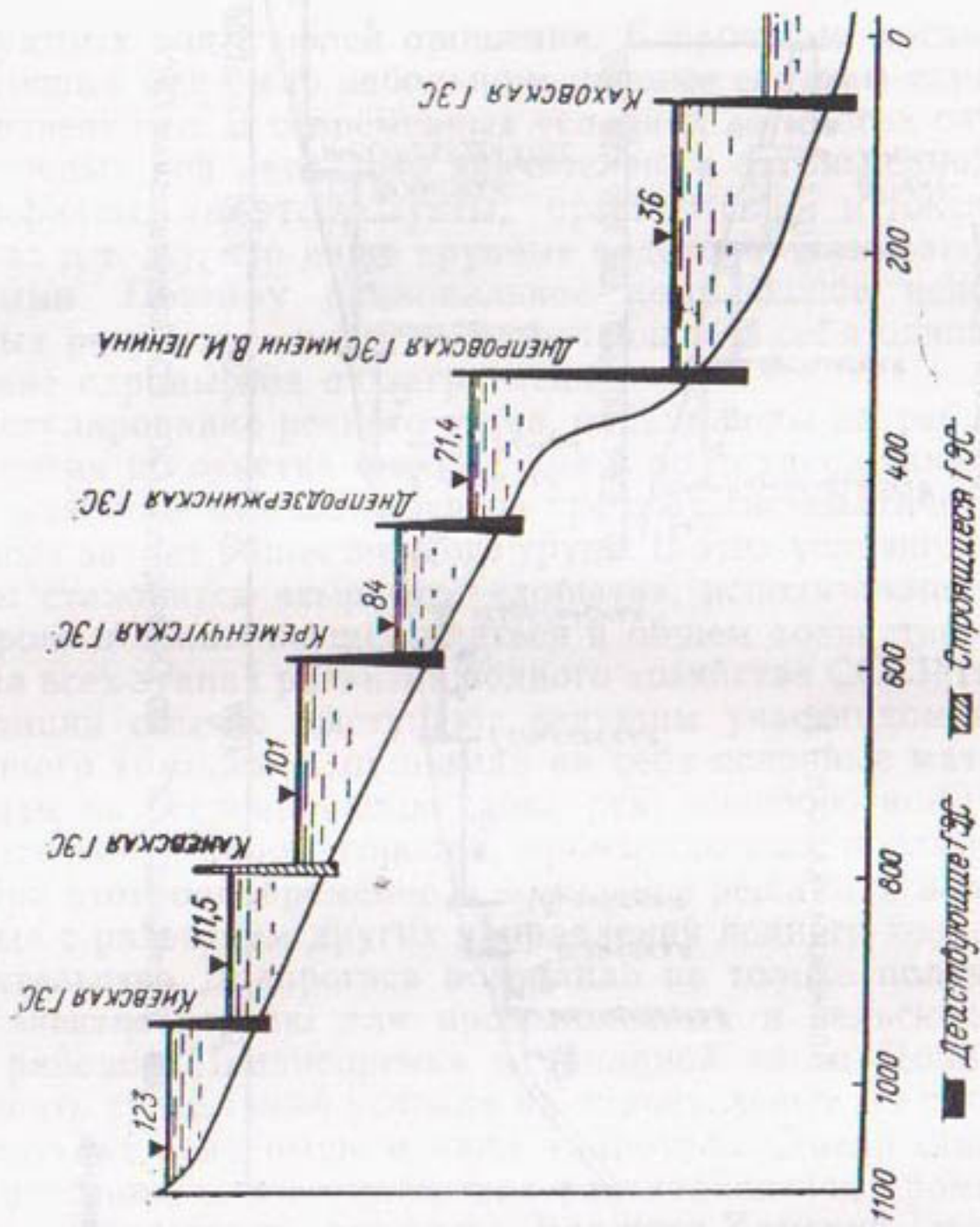


Рис. 3-2. Днепровский каскад гидроэлектростанций.

ществляется. При этом необходимо иметь в виду, что повышение меженных расходов воды в реках способствует улучшению санитарно-гигиенического состояния водотоков.

Важную для народного хозяйства задачу выполняют водохранилища ГЭС по борьбе с наводнениями. Такая задача практически полностью решена на нижнем участке р. Куры после создания водохранилища Мингечаурской ГЭС; строящаяся в настоящее время Зейская ГЭС в значительной мере ликвидирует наводнения на Зее и Амуре.

Ведущее положение гидроэнергетического строительства в водном хозяйстве СССР определяется также тем, что промышленное и коммунальное водоснабжение, сельскохозяйственные водные мелиорации и рыбохозяйственные мероприятия (особенно в части искусственного рыбоводства) нуждаются в дешевой электроэнергии и в получении маневренных мощностей. Одновременно гидроэнергетические объекты являются районообразующим фактором: на базе их возникают новые центры промышленного и сельскохозяйственного производства, что играет исключительно важную роль в освоении обширных районов Сибири и Дальнего Востока. Яркими примерами этого являются новые промышленные комплексы, создаваемые на базе Братской и Красноярской ГЭС.

В системе отраслей водного хозяйства гидроэнергетика является крупнейшим водопользователем. В связи с этим регулирующие сток водохранилища гидроэлектростанций должны обеспечить водой как водопотребителей, так и эффективную работу ГЭС в энергосистемах.

Интенсивное развитие водного хозяйства СССР в довоенные годы связано с индустриализацией промышленности и резким подъемом сельскохозяйственного производства. Создание крупных промышленных узлов, улучшение транспортных связей, рост энергопотребления и необходимость подачи значительного количества воды на орошаемые поля потребовали изменений в естественном распределении речного стока как во времени, так и по территории страны. В 1927—1940 гг. строятся крупнейшая по тому времени гидроэлектростанция на Днестре (Днепрогэс); в Средней Азии — Большой Ферганский канал, на северо-западе — Беломорско-Балтийский канал, в Центральном районе — канал имени Москвы. Меньшие по масштабу, но многочисленные водохозяйственные объекты создаются на юге Украины, на Северном Кавказе и в Закавказье, на Урале и в других районах СССР.

За последнее двадцатилетие развитие водного хозяйства идет более быстрыми темпами. В короткие сроки строятся и вводятся в эксплуатацию крупнейшие комплексные гидроузлы на Волге, Днестре, Дону; развернуто исключительное по масштабам гидротехническое строительство на реках Сибири и Средней Азии. Вместе с ростом всего социалистического народного хозяйства в

СССР сложилось многоотраслевое водное хозяйство страны. Основные отрасли его: водоснабжение промышленности и населения, гидроэнергетика, сельскохозяйственные водные мелиорации (орошение и обводнение земель засушливых районов, осушение переувлажненных территорий), внутренний водный транспорт, рыбное хозяйство.

Наиболее значительными водопотребителями в современных условиях являются сельскохозяйственные водные мелиорации и промышленность (включая теплоэнергетику).

По ориентировочной оценке водное хозяйство СССР характеризуется следующими масштабами водопотребления¹: в настоящее время забор свежей воды составляет около 215 км³ при безвозвратном водопотреблении около 120 км³; в будущем потребность в свежей воде с учетом развития систем оборотного водоснабжения может вырасти в 1,8—2,0 раза. Безвозвратное водопотребление может увеличиться в 1,5 раза.

В последние годы в связи с ростом всех отраслей водного хозяйства, увеличением водопотребления и все возрастающими, часто противоречивыми, требованиями отдельных отраслей к водным ресурсам в нашей стране создано союзно-республиканское Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР. Основной задачей этого министерства является мелиорация земель; кроме того, ему поручены планирование, строительство, эксплуатация, проектные и исследовательские работы, проводимые в области водного хозяйства. Строительство комплексных водохозяйственных объектов в последние годы выделено в отдельную позицию государственных планов. Это позволило упорядочить использование водных ресурсов и разработать ряд важных мероприятий на перспективу.

Однако практика показывает, что для организации систематического учета использования водных ресурсов, рационального распределения их между отраслями народного хозяйства при строгом нормировании и охране вод от загрязнения и истощения, разработки текущих и перспективных планов водохозяйственного строительства, должен быть создан союзно-республиканский Комитет по использованию и охране водных ресурсов СССР.

В связи с этим в настоящее время Госпланом СССР, Государственным Комитетом Совета Министров СССР по науке и технике, Академией наук СССР, а также соответствующими министерствами и ведомствами разрабатываются предложения по дальнейшему упорядочению водного хозяйства.

Важным этапом в развитии научных работ в области водного хозяйства было создание Института водных проблем АН СССР, а также разработка, утверждение и координация Государственным Комитетом Совета Министров СССР по науке и технике пя-

¹ В книге приводятся данные по состоянию водного хозяйства по материалам проработок на I.I.1966 г. в связи с отсутствием ежегодного учета по водному хозяйству.

тилетних планов важнейших научно-исследовательских работ по водохозяйственной тематике.

Дальнейшее развитие народного хозяйства требует выполнения большой программы водохозяйственного строительства.

В ближайшем пятилетии основное внимание должно быть уделено реконструкции существующих систем водоподачи и водоотведения, повышению эффективности использования водных ресурсов страны. Одновременно необходимо вести работы по регулированию речного стока и по перераспределению стока по территории страны.

Исключительно важное значение для народного хозяйства имеют работы по экономии и рационализации использования воды, охватывающие широкий состав мероприятий как в решении относительно небольших задач, так и при разработке крупных проблем водного хозяйства. К этим мероприятиям относятся: борьба с потерями воды в коммунальных и промышленных водопроводных системах, повышение удельного веса оборотного и повторного использования воды в промышленном водоснабжении, внедрение воздушных методов охлаждения агрегатов и механизмов, разработка новых технологических схем промышленного производства, позволяющих снизить потребление воды на единицу продукции. В сельскохозяйственном производстве такими мероприятиями являются: повышение коэффициентов полезного действия оросительных и обводнительных систем, разработка нормативов водопотребления, исключая излишний забор воды на орошение, применение более эффективных методов полива сельскохозяйственных культур и т. д.

Важное значение в рационализации использования водных ресурсов рыбным хозяйством имеет всемерное развитие рыбоводно-мелиоративных мероприятий, особенно по искусственному воспроизводству ценных рыб, более эффективное использование созданных и проектируемых водохранилищ.

Важнейшей проблемой, без решения которой невозможны необходимые высокие темпы развития водного хозяйства, является охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения.

Основным принципом охраны водных ресурсов является всемерное уменьшение объема промышленных и коммунальных сточных вод, а также эффективная их очистка.

Сточные воды, в отношении которых методы очистки не разработаны или эффект очистки недостаточен, не должны сбрасываться в водоемы; такие воды подлежат сбору в специальных испарителях, закачке в глубинные слои земли или уничтожению.

При этом очень важно организовать раздельную канализацию и очистку в первую очередь наиболее загрязненных и вредных стоков, объемы которых относительно невелики.

Все сточные воды, которые могут быть использованы вторично в производстве, должны проходить соответствующую обработку и находиться в замкнутом цикле водоснабжения.

Коммунальные стоки и возвратные воды некоторых отраслей промышленности могут успешно использоваться в сельском хозяйстве на земледельческих полях орошения, особенно в засушливых районах страны.

Дальнейшее развитие народного хозяйства требует решения многих вопросов по использованию и охране водных ресурсов, по планомерному перспективному развитию водного хозяйства страны и рациональной организации его в условиях роста водопотребления и водопользования.

3-2

Современное состояние и перспективы развития основных отраслей водного хозяйства

Задача обеспечения водными ресурсами производительных сил становится одной из самых важных проблем нашей страны.

Проблема водообеспечения приобрела исключительную остроту в большинстве развитых стран. Но если для ряда стран имеет место абсолютный дефицит стока, то для Советского Союза главной проблемой является регулирование и перераспределение стока по территории в соответствии с перспективами развития производительных сил в различных районах нашей страны.

До сравнительно недавнего времени потребности нашего народного хозяйства в воде были невелики и местные водные ресурсы в их естественном состоянии в большинстве случаев были достаточными для удовлетворения нужд населения и промышленности.

За последние 20 лет потребности в воде народного хозяйства увеличились в 2 раза, в связи с чем осуществлен большой комплекс водохозяйственных сооружений, связанный со строительством регулирующих водохранилищ, крупных магистральных водопроводов и каналов.

В целях регулирования речного стока построено более 65 крупных водохранилищ комплексного назначения с суммарным полезным объемом около 340 км^3 .

Несмотря на проведение больших водохозяйственных мероприятий, положение с водообеспечением народного хозяйства и населения страны, особенно в южных и промышленно развитых районах, напряженное. Дефицит водных ресурсов в маловодные годы наблюдается в настоящее время в Центральном районе Европейской части страны, в Уральском промышленном районе, в ряде районов Украины, в Казахской ССР, на Северном Кавказе и в Средней Азии.

Ниже дается краткий анализ современного положения и перспектив развития основных отраслей водного хозяйства страны.

В гидроэнергетическом использовании водных ресурсов достигнуты значительные успехи¹. Завершается гидроэнергетическое строительство на Волге, Каме и Днепре. Расширяется использование водной энергии рек Кавказа, Средней Азии, Северо-Запада. В 1950 г. строительством Иркутской ГЭС началось использование уникальных энергетических ресурсов Сибири и Дальнего Востока, где широко развернулось строительство на Ангаре и Енисее, в бассейнах Лены и Амура. На базе дешевой энергии Сибири успешно развиваются крупные промышленные комплексы энергоемких отраслей промышленности.

Гидроэнергетика, как правило, не изымает воду из речных систем и не оказывает отрицательного влияния на ее качество, однако сопутствующее ее развитию регулирование стока в ряде случаев приходит в противоречие с рыбным хозяйством, а иногда и с режимом водозаборов в ирригационные системы.

Гидроэлектростанции характеризуются быстрой отдачей народному хозяйству своей «продукции» и создают энергетическую базу для развития других отраслей народного хозяйства.

Гидроэнергетическое строительство, как правило, является пионером в использовании водных ресурсов, особенно в малонаселенных районах нашей страны, создавая необходимые условия для развития других отраслей водного хозяйства и в первую очередь для водного транспорта, водоснабжения промышленности и населения.

Регулирование стока рек крупными водохранилищами позволяет с заданной гарантией обеспечить водой участников водохозяйственного комплекса, создать глубоководные транспортные пути, решить задачи борьбы с наводнениями, создать благоприятные условия для развития промыслового и спортивного рыбоводства, санаторно-курортного лечения, водного туризма.

Участие других отраслей водного хозяйства в капитальном строительстве позволяет в настоящее время повысить эффективность капиталовложений в гидроэнергостроительство в среднем на 20—25%. Это достигается тем, что участники водохозяйственного комплекса (водоснабжение, водный транспорт и др.), принимая на себя доленое участие в капитальных затратах, снижают тем самым общие затраты, относимые на гидроэнергетику. По таким гидроузлам, как Токтогульский, Капчагайский и другие, снижение затрат, относимых на гидроэнергетику, достигает 50%. В качестве примеров могут быть приведены Бычегорловский и Иманский гидроузлы, которые как чисто энергетические первоначально не являлись эффективными. Однако отнесение части затрат на промышленное водоснабжение по первому из них и на лесоперерабатывающий комплекс по второму позволило повысить

¹ Более подробно см. гл. 4.

эффективность этих гидроузлов. К сожалению, отсутствие нормативов и методики учета влияния на эффективность таких компонентов, как борьба с наводнениями, улучшение качества воды, создание условий для отдыха трудящихся, не позволяет пока правильно определить капитальные затраты, относимые на энергетику. В дальнейшем при правильном учете всех компонентов эффект комплексного водохозяйственного строительства может быть еще выше.

За годы советской власти в системе Министерства энергетики и электрификации созданы крупные строительные организации, хорошо вооруженные современной строительно-монтажной техникой, обеспеченные квалифицированными кадрами. Здесь же сосредоточены крупнейшие в стране проектные и исследовательские организации. Все это позволяет Министерству энергетики и электрификации СССР осуществлять строительство комплексных гидроузлов, а также крупных гидротехнических сооружений на ирригационных системах, в рыбном хозяйстве, на водном транспорте. Несомненно, что хорошая материальная база и большой опыт Министерства энергетики и электрификации СССР в проектировании и строительстве крупнейших гидротехнических сооружений должны быть использованы и в дальнейшем.

В перспективе масштабы гидроэнергетического строительства могут значительно увеличиться. Главнейшими предпосылками для этого являются возрастающее значение гидроэлектростанций для рационализации энергетического хозяйства страны и необходимость строительства гидроузлов для комплексного использования водных ресурсов.

Направления развития гидроэнергетики в перспективе:

- 1. сооружение в европейской части страны эффективных гидроэлектростанций и ряда гидроаккумулирующих электростанций в районах Северо-Запада, Центра и Юга для покрытия пиковой части суточных графиков электрической нагрузки и выполнения функций аварийного и частотного резервов энергосистемы, а также комплексных гидроузлов, где гидроэнергетика будет играть подчиненную роль;

- 2. первоочередное использование наиболее эффективных гидроэнергоресурсов восточных районов страны, в том числе сооружение сверхмощных гидроэлектростанций на Ангаре и Енисее. Эти уникальные гидроузлы явятся источником дешевой электроэнергии для развития производительных сил огромного района Центральной и Восточной Сибири;

- 3. комплексное народнохозяйственное использование водноэнергетических ресурсов (в интересах ирригации, энергетики, водоснабжения, борьбы с наводнениями) в районах Кавказа, Средней Азии, Казахстана и Дальнего Востока;

- 4. строительство пионерных гидроэлектростанций в труднодоступных, отдаленных, изолированных от энергосистем районах Севера и Дальнего Востока, где гидроэлектростанции по условиям

эксплуатации экономически предпочтительнее других видов электростанций.

Учитывая вышесказанное, можно предположить, что в обозримой перспективе мощность и выработка гидроэлектростанций возрастут в 3—4 раза по сравнению с современными, при этом будет освоено 30—35% экономического потенциала гидроэнергоресурсов страны, против 11%, освоенных в настоящее время.

Развивающееся гидроэнергетическое строительство и создаваемые при этом водохранилища для регулирования стока рек все в большей мере будут решать задачи других участников водохозяйственного комплекса. Большое значение для водного транспорта имеет строительство Саратовского, Нижне-Камского и Чебоксарского гидроузлов в составе Волжско-Камского каскада, а также Киевского и Каневского гидроузлов на Днепре, с пуском которых будет ликвидирована ступенчатость глубин на основных внутренних водных магистралях страны.

Строящиеся и намечаемые к строительству комплексные гидроузлы будут иметь большое значение для развития орошения как в старых районах поливного земледелия (Средняя Азия, Северный Кавказ, Азербайджан), так и в новых районах (Поволжье, Украина, Молдавия).

В некоторых районах строительство гидроэлектростанций позволит одновременно решить вопросы борьбы с наводнениями, причиняющими народному хозяйству большой материальный ущерб, особенно в бассейнах рек Зеи, Буреи, Амура, Уссури и др.

В районах Северо-Запада будет продолжено строительство каскада гидроэлектростанций на р. Кеми, войдут в эксплуатацию Серебрянские, Рижская ГЭС, намечено расширение Кегумской ГЭС.

Продолжатся работы по строительству Волжско-Камского каскада — кроме большого транспортного значения будущие гидростанции призваны принять участие в обеспечении баланса мощности и электроснабжении районов Центра, Поволжья и Урала.

На Украине будет завершено строительство Днепровского каскада и начато комплексное гидроэнергостроительство на Днестре, где первоочередным комплексом явится Могилев-Подольский гидроузел, необходимый для развития ирригации.

На Кавказе намечен ввод Чиркейской и Ингурской ГЭС, в дальнейшем предполагается строительство Намахванской, Варцихских, Шамхорской и Шамбской ГЭС. Многие из водохранилищ при этих ГЭС окажут большое влияние на развитие других отраслей водного хозяйства.

На Северном Кавказе важное значение для развития ирригации имеет завершение сооружений Кубань-Калаусских ГЭС и начало строительства Зеленчукских ГЭС в бассейне Кубани. Целесообразно также начать строительство Курпской ГЭС на Тереке, которая окажет благоприятное влияние на режим нижнего Тере-

ка, обеспечивающего интересы рыбного хозяйства, в частности воспроизводство осетровых.

В Восточной Сибири, где осваиваются наиболее эффективные гидроэнергоресурсы страны, будет введена на полную мощность Красноярская, завершено строительство Усть-Илимской и Саяно-Шушенской ГЭС. Здесь гидроэнергетическое строительство обеспечит энергией электроемкие производства, а также будет способствовать дальнейшему развитию водного транспорта, водоснабжению промышленности, населения и сельского хозяйства. В более северных районах для решения указанных задач целесообразно строительство Богучанской, Средне-Енисейской, Осиновской и Нижне-Тунгусской ГЭС. В строительстве этих гидроузлов заинтересованы также водный транспорт, лесная промышленность и другие отрасли народного хозяйства.

В 1964 г. начато строительство первой крупной гидроэлектростанции на Дальнем Востоке — Зейской, решающей одновременно с электроснабжением задачи борьбы с наводнениями и создающей условия для устойчивого земледелия в Средне-Амурской низменности. По-видимому, целесообразно приступить к сооружению Желундинской ГЭС на р. Буре, которая будет также способствовать борьбе с наводнениями в бассейне Амура. В Казахстане намечается строительство крупной Шульбинской ГЭС на Иртыше, имеющей важное значение для сельского хозяйства и водного транспорта.

Создание на важнейших водотоках Средней Азии ряда крупных комплексных гидроузлов с водохранилищами, обеспечивающими многолетнее или сезонное регулирование стока, позволит обеспечить энергетические потребности района с одновременным использованием водохранилищ для целей ирригации.

Эта программа будет осуществляться путем завершения строительства Чарвакской ГЭС на Чирчике, Токтогульской ГЭС на Нарыне, Тюя-Муюнской ГЭС на Амударье и Нурекской ГЭС на Вахше.

Рассматривается возможность строительства Рогунской ГЭС. При этом будут практически зарегулированы все водные ресурсы Средней Азии и дальнейшее повышение водопотребления уже потребует привлечения стока из других бассейнов.

В большинстве районов страны комплексное использование водных ресурсов и переброска стока Северных и Сибирских рек в районы Центра и Юга, имеющие дефицитные балансы, откроют дополнительные возможности в строительстве ГЭС для покрытия пиковой мощности.

В Европейской части СССР, после завершения комплексной реконструкции Волги и Камы и осуществления переброски стока Печоры, энергетическое значение их может значительно возрасти. При этом станет целесообразным строительство Верхне-Камской ГЭС, которая при переброске стока Печоры будет иметь достаточно высокие показатели.

Водоснабжение населения, промышленности и теплоэнергетики

Водоснабжение населения, промышленности и теплоэнергетики становится одной из важнейших отраслей водного хозяйства. Вода для бытовых целей и для некоторых отраслей промышленности ничем незаменима и поэтому удовлетворение потребностей в ней должно обеспечиваться бесперебойно по требуемой норме.

При этом для питьевых целей необходимо обеспечивать высокое качество воды в соответствии с требованиями санитарных норм. Высокое качество воды требуется также для ряда отраслей промышленности.

Общий объем воды, находившейся в 1965 г. в хозяйственном использовании, включая воду в оборотных и других охлаждающих системах, составлял ориентировочно 140 млрд. м³, из них около 63 млрд. м³ свежей воды поступало от источников.

Из общего количества забираемой от источников свежей воды приходилось на коммунальное водоснабжение около 6,4 млрд. м³ (10%), на промышленное водоснабжение — 27 млрд. м³ (42,5%) и на водоснабжение тепловых электростанций — 30 млрд. м³ (47,5%).

Несмотря на относительно небольшой забор воды, составивший в год около 14% природных ресурсов, в районах с наиболее развитым водопотреблением (Центр, Донбасс, Урал, Казахская ССР и др.) наблюдались местные затруднения с водоснабжением и размещением новых водоемких производств. Причинами этих затруднений были высокая концентрация населения и промышленности, ограниченные водные ресурсы. В связи с этим потребовалось строительство целого ряда водохранилищ, повышающих водоотдачу рек, а для отдельных районов и крупных городов (Москва, Баку, Донбасс, Кривой Рог, Свердловск, Караганда и др.) и подача воды на большие расстояния из смежных более многоводных рек. И все-таки, несмотря на это в ряде районов Донбасса, Заволжья, Прикаспия, Казахской и Туркменской ССР и в других местах страны до настоящего времени население и животноводство недостаточно обеспечиваются питьевой водой.

Централизованное водоснабжение населения в СССР в настоящее время имеют около 85% городов и рабочих поселков городского типа. Однако централизованные водопроводы в некоторых городах и поселках обслуживают только часть жилого фонда. Длина водопроводных линий по отношению к протяженности улиц составляет в городах РСФСР около 43%. По удельному водопотреблению на хозяйственно-бытовые нужды (в среднем 170 л/сутки на человека в 1968 г.) СССР отстает от ряда развитых европейских стран, в которых среднесуточное водопотребление уже достигло 250—300 л/сутки.

Во многих городах отсутствие отдельных систем водоснабжения приводит к тому, что хозяйственно-питьевыми водопроводами обслуживается и промышленность, в результате чего на технические нужды расходуется вода питьевого качества.

Более 50% питьевой воды обеспечивается в настоящее время из подземных источников, имеющих высокое качество и устойчивую (низкую) температуру. В перспективе обеспечение населения питьевой водой из подземных источников намечается повысить до 80—90%.

При этом необходимо ограничить и строго контролировать расходование воды из подземных источников на технические нужды промышленности и сельского хозяйства.

Развитие канализации находится на более низком уровне и отстает от развития водопроводов: протяженность канализационных сетей в целом по СССР составляет около 50% протяженности водопроводов. В ряде городов не имеется централизованной канализации. В РСФСР менее половины жилого фонда городов и только около 20% жилого фонда рабочих поселков присоединено к централизованной канализации. За 1965 и 1966 гг. отвод сточных вод канализационными системами увеличился с 8 млрд. м³ до 8,8 млрд. м³, т. е. на 0,8 млрд. м³ (10%), в то время как отпуск воды водопроводами за этот же период увеличился на 1,5 млрд. м³.

В соответствии с разработанными в настоящее время нормативами и с учетом фактического прироста водопотребления за последние годы (в среднем 10—15 л/сутки в год) в перспективе водопотребление на одного городского жителя составит около 400 л/сутки. Учитывая также рост численности населения в городах и рабочих поселках, забор свежей воды на хозяйственно-питьевые нужды может возрасти по сравнению с современным в 4—5 раз.

С развитием систем канализации ожидается увеличение отвода хозяйственно-бытовых стоков в 5—6 раз.

Расчеты показывают, что для достижения нормативного водопотребления в городах и рабочих поселках и полной очистки всех хозяйственно-бытовых сточных вод потребуется увеличение мощности коммунальных водоводов ориентировочно в 4 раза и мощности очистных сооружений в 10 раз против 1965 года.

Водоснабжение промышленности в современном состоянии представляет крупную отрасль водного хозяйства. Общее водопотребление промышленностью по стране в 1965 г. составило около 54 млрд. м³, в том числе свежей воды из источников 27 млрд. м³ и в оборотном водоснабжении использовалось 27 млрд. м³. Общее промышленное водопотребление по расходу свежей воды распределялось следующим образом: 17 млрд. м³, или 69%, приходилось на РСФСР, 5 млрд. м³, или 18% — на УССР и 19% — на долю 13 других республик.

В 1965 г. применение оборотного водоснабжения в СССР составляло только около 50% общего водопотребления, при этом безвозвратные потери оценивались в 7,4% объема забираемой свежей воды и 3,7% общего водопотребления.

Достигнутые за последние годы результаты по упорядочению водопотребления и вводу оборотных систем нельзя признать достаточными. В перспективе почти все промышленные предприятия должны быть переведены на оборотное водоснабжение, что имеет решающее значение для снижения объемов сбросных вод в реки, а следовательно, и сокращения их загрязнения.

Основные фонды водного хозяйства промышленных предприятий оцениваются в 6,2 млрд. руб., что характеризует его, как крупную отрасль народного хозяйства. Однако централизованного органа, объединяющего промышленное водоснабжение и водоотведение в стране, все еще не существует. Отпуск средств на капитальное строительство и эксплуатацию водопроводно-канализационных сооружений осуществляется децентрализованно по министерствам и ведомствам.

Основным источником водообеспечения промышленности являются реки, которые одновременно служат и водоотводящим трактом для сбрасываемых в них отработанных вод. При значительном снижении расходов воды в периоды межени возникают затруднения с водообеспечением предприятий, расположенных на небольших реках.

В этих условиях большое значение приобретает перевод предприятий на оборотное водоснабжение, позволяющее значительно сократить забор свежей воды из рек.

Перевод наиболее водоемких отраслей промышленности на оборотное водоснабжение потребует значительных затрат и усилий на переоборудование уже сложившихся производств, разработку и внедрение новой технологии процессов производства. Однако это мероприятие позволяет резко сократить объем забираемой из источников свежей воды (табл. 3-2) и, что самое главное, почти полностью прекратит сброс загрязненных сточных вод в водоемы. При этом значительно уменьшатся затраты по охране водоемов от загрязнения и полностью ликвидируются ущербы, наносимые народному хозяйству загрязнением водоемов.

Таким образом, переход на оборотное водоснабжение в отдельных отраслях производства может значительно снизить расход воды.

До последнего времени промышленные предприятия базировались на индивидуальных водозаборах, что приводит к повышенным затратам по их строительству и эксплуатации и затрудняет организацию очистки сточных вод.

Целесообразность кооперирования в промышленном водопотреблении подтверждается имеющимся опытом водообеспечения ряда крупных промышленных узлов, а также зарубежной

Таблица 3-2

Примеры сокращения водопотребления в результате введения оборотного водоснабжения

Наименование производства	Забор свежей воды на единицу продукции, м ³		Сокращение забора, раз
	при прямотоке	при обороте	
Производство серной кислоты, т	55—85	4—4,4	18—19
Производство фтористого аммония, т	82	5	16,5
Производство электроэнергии на ТЭС мощностью 6 Мвт	1 953	107	19,5
Стеклотарное производство, на 1 000 изделий, емкостью 0,5 л	24,3	0,6	39

практикой (Япония). Одновременно с этим следует использовать опыт Донбассводтреста в отношении широкой организации хозрасчетных водохозяйственных объединений.

Основными задачами дальнейшего развития водоснабжения и канализации промышленности являются прежде всего: снижение нормативов потребляемой воды на единицу выпускаемой продукции путем разработки новых технологических процессов в производстве, внедрение «сухих» воздушных способов охлаждения механизмов и агрегатов, снижение непроизводительных потерь воды (утечка в водоподающих системах, фильтрационные потери и т. д.).

Систематическое внедрение в промышленном водоснабжении оборотного и повторного использования воды позволит значительно снизить забор промышленностью свежей воды из водисточников и сброс в них возвратных вод. Основным направлением в сохранении чистоты воды явится централизация промышленной канализации с полной и эффективной очисткой сточных вод.

При этом очень важна разработка новых систем очистных сооружений, отделение и сброс особо вредных, опасных сточных вод в изолированные накопители с выпариванием влаги и захоронением или сжиганием остатков.

Для реального выполнения этих задач необходимо разработать конкретные планы по проектированию и строительству водопроводных, канализационных и очистных систем в первую очередь на действующих промышленных предприятиях. Необходимо обеспечить ввод в эксплуатацию новых промышленных предприятий или отдельных цехов, оборудованных в должной степени очистными сооружениями.

Одновременно следует разработать и осуществить широкий план научно-исследовательских работ по совершенствованию

технологических схем использования воды в промышленном производстве, по изысканию новых, более эффективных и экономичных методов очистки промышленных стоков и т. д.

Анализируя темпы роста промышленного производства и технического прогресс в промышленности, можно предположить, что в обозримой перспективе промышленность будет использовать в 5 раз больше воды по сравнению с 1965 г. Однако при проведении кардинальных мер по внедрению систем оборотного и повторного использования воды забор свежей воды из источников и сброс сточных вод увеличится только в 2—2,5 раза.

Безвозвратные потери воды могут быть приняты в размере 3,6% суммарно используемой воды (свежая и оборотная вода), что соответствует нормативам и отчетным данным промышленно развитых стран.

Водоснабжение тепловых электростанций. Тепловые электростанции (ТЭС) являются крупным потребителем воды. Удельный расход воды, затрачиваемой на охлаждение, составляет в среднем 184 л/квт·ч, в том числе 72,3 л свежей воды и 2,6 л безвозвратных потерь.

В настоящее время значительное число электростанций работает на прямоточном водоснабжении, поэтому за 1965 г. общий забор свежей воды составил 30 млрд. м³, в то время как в оборотных и повторных системах водоснабжения ТЭС использовались 51 млрд. м³ воды, или 63%.

Суммарное потребление воды ТЭС составило в 1965 г. 52% всего промышленного водопотребления.

Приближение крупных ТЭС к топливным ресурсам и потребителям энергии не всегда согласуется с наличием в районе достаточных водных ресурсов, поэтому применение систем прямоточного водоснабжения тепловых электростанций ограничено условиями водообеспечения и охраны водоемов от теплового загрязнения. В перспективе необходимо повысить удельный вес расхода воды в системах оборотного и повторного использования примерно до 75—80%. В связи с этим создание новых видов охладителей для тепловых электростанций — весьма важная научная и практическая задача.

Средние удельные капиталовложения на 1 квт мощности ТЭС при прямоточной системе водоснабжения несколько ниже, чем при прудах-охладителях, и в 2,3 раза ниже, чем при применении градирен и брызгальных бассейнов. Однако применение более экономичного прямоточного водоснабжения ТЭС ограничивается отсутствием мощных водоисточников и условиями охраны водных источников от теплового загрязнения. Охлаждающая вода, проходя через теплообменные аппараты, нагревается и оказывает отрицательное, хотя еще недостаточно изученное влияние на флору и фауну. В то же время использование теплых вод прудов-охладителей для разведения товарной рыбы и для орошения сельскохозяйственных культур, по-види-

тому, может дать большой экономический эффект. Эти вопросы требуют тщательного изучения.

По ориентировочной оценке в обозримой перспективе теплоэнергетика будет использовать в 2,5—3,0 раза больше воды, чем в настоящее время.

Технический прогресс, предусматриваемый в строительстве тепловых электростанций, позволит снизить общие затраты воды (свежая, обратная и повторно используемая вода) на 1 квт·ч вырабатываемой электроэнергии. И тем не менее вопросам правильного с точки зрения водообеспечения размещения ТЭС, применения новых систем охлаждения и эффективного хозяйственного использования отработанных теплых вод должно быть уделено большое внимание.

Сельскохозяйственные водные мелиорации

Сельскохозяйственные водные мелиорации (орошение и осушение земель, обводнение пастбищ) имеют большое значение для интенсификации и создания более устойчивого сельскохозяйственного производства.

В земледельческой зоне СССР на долю сельскохозяйственных угодий приходится 585 млн. га, в том числе 220 млн. га пашни и 356 млн. га пастбищных и сенокосных угодий.

Общий фонд земель в СССР, пригодных для орошения, оценивается в 140 млн. га.

В настоящее время общая площадь ирригационно подготовленных земель составляет 9,9 млн. га, из которых используется под посевы сельскохозяйственных культур 9,5 млн. га, а поливается фактически 7,5 млн. га (76%).

Задача по обеспечению полива ирригационно подготовленных земель должна решаться с учетом экономного использования водных ресурсов.

В настоящее время основные площади орошения в нашей стране сосредоточены в бассейнах рек Сырдарьи (21%), Амударьи (14%) и Куры (17%), на Северном Кавказе (8,5%), на Украине и в Молдавии (3%), в бассейне Волги (2%), что в сумме составляет 65,5% орошаемых в стране земель. Остальные площади орошения, составляющие 34,5%, складываются из сравнительно мелких систем, рассредоточенных по различным районам страны, включая производство таких культур, как овощные, садовые и др.

По ориентировочной оценке общий объем водопотребления орошаемым земледелием в 1965 г. составил 120 млрд. м³, что определяет средний удельный расход воды 13 тыс. м³ на 1 га. При этом безвозвратное водопотребление составило 90 млрд. м³, или около 70% суммарного безвозвратного водопотребления всеми отраслями народного хозяйства.

Экономное использование воды оросительными системами достигается при оборудовании их дождевальными аппаратами, которыми обслуживаются площади более 0,5 млн. га. Однако ряд оросительных систем в старых районах орошаемого земледелия имеют сравнительно низкий технический уровень; к. п. д. на них не превышает 0,4—0,5, забор воды зачастую практически не контролируется, что приводит к излишнему расходованию воды и засолению почв.

Значительная часть ирригационно подготовленных земель требует реконструкции, нуждается в рассолении почв, в планировке и повышении водообеспеченности. Засоление земель, как правило, является результатом эксплуатации орошаемых земель в предыдущие годы без дренажных систем и бесконтрольного расходования воды.

Средняя Азия является основным районом хлопководства. Здесь построены крупные оросительные системы в бассейне Сырдарьи на базе Большого Ферганского канала и Кайракумского гидроузла; строятся новые системы в Голодной и Джизакской степях.

Старыми районами орошения являются низовья Амударьи, районы Самарканда, Бухары и Сурхандарьи, где за последние годы значительно расширены и реконструированы оросительные системы. Благодаря осуществленным крупным водохозяйственным мероприятиям в хлопководстве достигнуты большие успехи: в 1967 г. сборы хлопка в СССР достигли 6 млн. т.

Строительством новых оросительных систем на Кубани, на Украине, в низовьях Сырдарьи и Амударьи заложены хорошие основы рисосеяния. Сбор риса начиная с 1960 г. (187 тыс. т) неуклонно возрастал и в 1968 г. составил 1063 тыс. т. Повысилась за счет орошения урожайность садов и виноградников.

Наряду с этим в производстве зерновых (пшеницы и кукурузы) удельный вес орошаемого земледелия фактически за 1965 г. составил всего около 3% общего сбора зерновых по стране.

Орошение в настоящее время ведется преимущественно наземным способом, дождеванием поливается менее 7%, а машинный подъем воды применяется на площади 1,3 млн. га (14%). Из-за отсутствия регулирующих водохранилищ ряд оросительных систем в маловодные годы недостаточно обеспечивался водой для поливов, что приводило к резкому снижению урожайности.

Значительное развитие получили также осушительные мелиорации, проводимые в районах избыточного увлажнения. К таким районам относятся Прибалтийские республики, большая часть Белоруссии, северные районы Украины, северо-западные районы Европейской части РСФСР, отдельные районы Западной Сибири; важные по своему народнохозяйственному значению осушительные работы проводятся в Грузии (Колхида). В 1967 г. имелось осушенных земель 8,2 млн. га. Дополнительные

мелиоративные мероприятия требуются на 5,0 млн. га, в том числе в РСФСР — 1,3, в УССР — 1,0, в БССР — 1,1, в Литовской ССР — 0,8, в Латвийской ССР — 0,5 и в Эстонской ССР — 0,2 млн. га.

В большей части осушение производится открытыми каналами, а более эффективный тип дренажа — закрытый — имеет только около 26% осушенных земель.

В последние годы, особенно после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, наметился подъем общего технического уровня ирригационного строительства и земледелия на орошаемых и осушенных землях. Расширяются и реконструируются действующие оросительные системы на Украине, Северном Кавказе и в Средней Азии. Ведется строительство крупнейших оросительных систем — Каховской и Северокрымской в УССР, Голодностепской — в Узбекской ССР, в Туркменской ССР, на базе Каракумского канала и других.

Для повышения водообеспеченности орошаемого земледелия строится ряд крупных комплексных гидроузлов — Чарвакский, Нурекский, Андижанский и Токтогульский в Средней Азии, Краснодарский и Чиркейский на Северном Кавказе и др.

Получает развитие орошение дождеванием, строятся крупные базы стройиндустрии. Все это создает необходимые условия для устранения существующих недостатков и способствует дальнейшему более широкому применению мелиорации в сельском хозяйстве страны.

Основные направления развития сельскохозяйственного производства на ближайшую перспективу определены решениями XXIII съезда КПСС, майского (1966 г.) и июльского (1970 г.) Пленумов ЦК КПСС, в которых большая роль отведена сельскохозяйственным водным мелиорациям, обеспечивающим получение более высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Из общей территории СССР 2231,4 млн. га земледельческая зона охватывает 976,2 млн. га, в том числе область достаточного увлажнения 342,9 млн. га и область недостаточного увлажнения 633,3 млн. га. Таким образом, условия естественной влагообеспеченности сельскохозяйственных земель в СССР неблагоприятны. К районам, не обеспеченным влагой, но располагающим большими земельными ресурсами, относятся юг Молдавии и Украины, Северный Кавказ, Закавказье (за исключением западной части Грузии), Поволжье, Казахстан, Средняя Азия. По ориентировочной оценке на юге Украины площадь земель, нуждающихся в орошении, составляет свыше 10 млн. га. Однако водными ресурсами бассейна Днепра, Южного Буга и других рек можно, при условии полного зарегулирования стока этих рек, оросить не более 3,5—4 млн. га. В Средней Азии местными водными ресурсами можно оросить 6,5—7,0 млн. га при площади земель, пригодных к орошению, более 12 млн. га. В Казах-

Таблица 3-3

Производство зерновых культур в СССР на душу населения (кг)

Годы											
1937	1950	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
588	451	586	600	633	478	668	525	734	628	710	665

стане оросительная способность местных речных бассейнов не превышает 6 млн. га при площади земель, пригодных к орошению, более 50 млн. га. Таким образом, на Украине, в Казахстане и Средней Азии имеется более 50 млн. га, пригодных для орошения земель, не обеспеченных водными ресурсами.

Важнейшей задачей сельского хозяйства является дальнейший подъем производства зерна.

Как отмечалось на июльском (1970 г.) Пленуме ЦК КПСС, за последние 15 лет произошли некоторые сдвиги в производстве зерна и урожайности зерновых культур.

Среднегодовой валовой сбор зерна в 1956—1960 гг. составил 121,5 млн. т, в 1961—1965 гг. — 130,3 млн. т, в 1966—1969 гг. — 162,4 млн. т, при средней урожайности зерновых культур 10,1, 10,2 и 13,2 ц/га. Однако производство зерновых в СССР развивается недостаточно производство зерна на душу населения растет очень медленно (табл. 3-3).

В СССР при общем недостаточно высоком уровне производства зерна положение усугубляется резкими колебаниями этого производства (на 30—40%) в зависимости от метеорологических условий года. Такая неравномерность производства зерна губительно отражается на других отраслях сельского хозяйства, особенно на животноводстве.

Решение зерновой проблемы в СССР должно идти по пути систематического повышения урожайности зерновых культур как в зонах достаточного естественного увлажнения, так и в зонах недостаточного и избыточного увлажнения.

В зонах нормального естественного увлажнения основными мероприятиями по повышению урожайности являются — улучшение агротехники (обработка почвы, внесение органических и минеральных удобрений, борьба с сорняками, внедрение прогрессивных сроков и способов посева, механизация всех процессов сельскохозяйственных работ и т. д.) и организационно-эко-

номической стороны производства (специализация сельскохозяйственного производства, организационно-хозяйственное укрепление колхозов и т. д.).

В зонах недостаточного увлажнения или избытка влаги наряду с этими мероприятиями важнейшими являются сельскохозяйственные мелиорации, т. е. обводнение, орошение и осушение земель, а в некоторых районах — двойное регулирование влаги (осушение и орошение).

Сельскохозяйственные водные мелиорации позволят не только резко повысить урожайность и тем самым валовые сборы зерновых, но и создать в стране клин с устойчивыми гарантированными сборами зерна.

Орошение. Быстрый рост потребностей в продуктах питания и в первую очередь в продуктах сельскохозяйственного производства требует очень быстрых темпов реконструкции существующих хозяйств и ввода новых площадей. Основной прирост сельскохозяйственной продукции намечается получить с неполивных (богарных) земель. Однако и мелиорированные земли будут иметь большое значение, особенно в получении гарантийных устойчивых урожаев в неблагоприятные годы. Подчеркивая народнохозяйственное значение мелиорации земель, июльский (1970 г.) Пленум ЦК КПСС постановил: «Ввести в действие к 1975 г. 3 млн. га новых орошаемых земель... и завершить в основном реконструкцию существующих оросительных систем, требующих технического улучшения».

Как отмечалось на Пленуме, по мнению соответствующих ведомств и научных учреждений, к 1985 г. предполагается увеличить площади орошаемых земель до 21 млн. га.

Для намечаемого развития орошаемого земледелия, кроме освоения построенных магистральных каналов и ирригационных систем, необходимо завершить строительство комплексных гидроузлов для регулирования стока рек (Токтогульский и Чарвакский в бассейне Сырдарьи, Нурекский и Тюя-Муюнский в бассейне Амударьи, Краснодарский на Кубани и др.), комплексных и ирригационных каналов (Иртыш — Караганда, Каршинский, Аму-Бухарский, Каракумский и др.), крупных ирригационных систем (Кубань-Калаусской, Кубань-Егорлыкской, Нижне-Кубанских рисовых, Амударьинских и Сырдарьинских). Начать строительство таких крупных комплексных объектов, как Рогунский, Могилев-Подольский, а также каналов Волга—Урал, Нура—Ишим и др. Необходимо учитывать при этом, что значительный резерв для водообеспечения новых орошаемых площадей имеется в результате уже созданных к настоящему времени водохранилищ комплексного назначения (табл. 3-4).

Анализ водохозяйственных балансов показывает, что в обозримой перспективе водные ресурсы в южных районах Украины, на Северном Кавказе, в Закавказье (за исключением западной части Грузии), в Средней Азии и Казахстане будут практически

Таблица 3-4

Возможности развития орошения при существующих водохранилищах (тыс. га)

Водохранилище	Река	Площадь орошения	
		фактически освоенная на 1/1 1936 г.	возможная к освоению
Куйбышевское	Волга	1	300
Волгоградское	»	56	1 500
Цимлянское	Дон	150	760
Каховское	Днепр	143	1 400
Кременчугское	»	10	400
Мингечаурское	Кура	320	540
Другие водохранилища	—	620	2 300
Всего		1 300	7 200

полностью использованы. Поэтому для дальнейшего развития орошаемого земледелия в эти районы потребуется привлечь речной сток из районов, избыточных по водным ресурсам. В европейской части Советского Союза такими являются районы северного склона (бассейны рек Печоры, Онеги, Северной Двины и др.). Перспективное водопотребление северных районов составит около 30—35 км³ в год при собственных водных ресурсах порядка 420 км³. Источниками водообеспечения Средней Азии и Казахстана могут явиться сибирские реки Обь и Енисей, возможности отбора воды из которых практически не ограничены.

Осушение. По решениям майского (1966 г.) и июльского (1970 г.) Пленумов ЦК КПСС намечается широкое развитие осушительных мелиораций. В пятилетке 1971—1975 гг. необходимо «построить мелиоративные системы в переувлажненных районах на площади 5 млн. га, в том числе с закрытым дренажем на 3 млн. га» (Постановление июльского Пленума ЦК КПСС, 1970 г.).

Как отмечалось на июльском Пленуме, площадь осушенных земель, по мнению соответствующих ведомств и научных организаций, предполагается довести к 1985 г. до 27 млн. га.

Осушительные мелиорации намечается проводить в республиках Прибалтики, в Белоруссии и на Украине (Полесская низменность), в Западной Грузии (Колхида), в РСФСР — в районах Северо-Запада, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке.

На Дальнем Востоке осушительным работам должны предшествовать большие работы по регулированию стока рек и решению задач по борьбе с наводнениями, носящими в этой районе катастрофический характер и препятствующими планомерному освоению этого богатого края.

Производство осушительных работ на больших площадях может вызвать серьезные и нежелательные изменения в режиме поверхностных и подземных вод. Ранее избыточно-увлажненные земли могут быть пересушены, поэтому требуется уделять внимание системам двустороннего регулирования водного режима.

Сельскохозяйственное водоснабжение. Сельскохозяйственное водоснабжение включает обеспечение водой населения, машинно-тракторного парка, ферм и полевых станков. Сельскохозяйственное водоснабжение получило значительное развитие в последние годы в связи со строительством крупных соцгородов в сельских районах страны.

Однако часть потребностей в воде не удовлетворяется. В ряде южных совхозов Заволжья, Западной Сибири и других вода подвозится автотранспортом на расстояние 20—30 км, что отвлекает большое количество автомашин и рабочих.

По ориентировочной оценке общий объем забора воды для водоснабжения сельских поселков и животноводческих ферм в 1965 г. составил 7 млрд. м³. При этом удельное водопотребление в сутки на человека составляет в среднем 30—40 л, т. е. в 4 раза меньше, чем в городах и рабочих поселках.

В обозримой перспективе предполагается увеличить удельное водопотребление на одного сельского жителя в 2—3 раза. Такое повышение водообеспеченности позволит значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и в первую очередь животноводства.

Обводнение пастбищ. Животноводство в основном базируется на использовании кормов природных пастбищ, расположенных на юге и юго-востоке страны.

Главным условием для интенсивного хозяйственного использования пастбищ является их обводнение, так как большинство из них не имеет достаточных водных ресурсов.

В перспективе предусматривается завершить обводнение всех пастбищ и реконструировать сооружения ранее обводненных.

Намечаемое широкое развитие орошения земель и сельскохозяйственного водоснабжения вызовет рост потребности в воде сельскохозяйственного производства. По имеющимся предположениям в перспективе заборы воды для орошения увеличатся в 2 раза и для сельскохозяйственного водоснабжения в 2,5—3 раза. Перспективное развитие сельскохозяйственных водных мелиораций и рост водопотребления определены с учетом технического прогресса, основные направления которого сводятся к повышению коэффициентов полезного действия оросительных систем до 0,7—0,8 с применением лотковой и трубчатой оросительной сети на большей части площадей прироста нового орошения, а также широкого развития коллекторно-дренажной сети (на всех приростных площадях, намечаемых под пашню); полной механизации водоподъема на действующих и намечаемых к строительству обводнительных системах.

Рыбное хозяйство внутренних водоемов

Рыбное хозяйство на внутренних водоемах СССР наиболее тесно связано с водными ресурсами и особенно с их качественным состоянием.

Советский Союз располагает огромным рыбохозяйственным фондом внутренних водоемов, включающим Каспийское, Азовское и Аральское моря, реки, общей протяженностью около 500 тыс. км, озера с суммарной площадью 24,4 млн. га, водохранилища с площадью акватории 5,6 млн. га и пруды, используемые под рыбоводство, площадью 350 тыс. га.

По богатству промысловой ихтиофауны внутренние водоемы СССР не имеют себе равных в мире. В них обитают такие ценные породы рыб, как осетровые, лососевые, сиговые, судак, сазан, карп, вобла и ряд других. Осетровые рыбы — национальное богатство страны. Более 90% мировых уловов осетровых добывается в Каспийском и Азово-Черноморском бассейнах и в реках Сибири.

До начала 50-х годов во внутренних водоемах СССР добывалось свыше половины общего улова рыбы в стране. За последние 15 лет в развитии рыбного хозяйства произошли существенные изменения. Ведущее направление получил промысел рыбы и морепродуктов в открытых океанических водах, который обеспечил в 1968 г. добычу 57,7 млн. ц против 13,5 млн. ц в 1953 г. В то же время общие размеры улова рыбы во внутренних водоемах держатся на уровне 9—10 млн. ц.

Несмотря на значительный рост общих уловов, уловы наиболее ценных пород рыб по ориентировочной оценке сократились в 2,5 раза и составляют в настоящее время только 20—25% общего улова во внутренних водоемах. Наиболее значительно сократились уловы крупночастиковых пород рыб (судака, сазана, леща), воблы и сельди в двух основных рыбохозяйственных бассейнах страны — Каспийском и Азовском морях.

Снижение уловов ценных видов рыб в южных морях и озерно-речных водоемах вызвано целым рядом причин: периодами маловодных лет в бассейнах Каспийского и Аральского морей, нерациональным промыслом, изменением условий естественного воспроизводства в связи с гидротехническим строительством.

Периоды маловодных лет в бассейнах Каспийского (1930—1940 гг.) и Аральского (1960—1965 гг.) морей вызвали значительное сокращение наиболее продуктивных мелководных акваторий этих морей. Площадь Северного Каспия сократилась на 28 тыс. км², а Аральского моря — на 6 тыс. км².

Существенные нарушения естественных условий воспроизводства, особенно в бассейнах южных морей, произошли в результате гидротехнического строительства, зарегулирования и изъятия речного стока.

Отрицательное влияние гидротехнического строительства проявилось в преграждении плотинами путей миграции проходных рыб (осетровых, лососевых, сиговых) на нерестилища и сокращении ареалов их размножения; резком уменьшении паводковых расходов воды, не обеспечивающих обводнений нерестилищ полупроходных рыб (судака, леща, сазана, воблы) в низовьях рек; ухудшении гидробиологического режима внутренних морей.

Наиболее значительные по масштабам нарушения естественных условий воспроизводства проходных и полупроходных рыб произошли в результате строительства гидроузлов на Волге, Куры, Дону, Кубани.

Необходимо отметить, однако, что в ряде бассейнов снижение уловов ценных рыб началось значительно раньше, чем были возведены первые гидроузлы. Это ясно видно по снижению уловов семги на северных и кеты на дальневосточных реках, где никакого гидротехнического строительства еще не осуществляли, омуля — на Байкале и др. Не следует также забывать, что одновременно с гидротехническим строительством на Волге, Дону, Кубани и Днепре рыбохозяйственными организациями были определены все необходимые мероприятия по воспроизводству ценных пород рыб в условиях начавшегося строительства. Однако осуществление этих мероприятий — строительство рыбозаводов, нерестово-вырастных и нагульных хозяйств, проведение мелиорации в дельтовых участках и прочее не было своевременно осуществлено.

Все это отрицательно сказалось на воспроизводстве ценных пород рыб в условиях зарегулированного стока этих важных в рыбохозяйственном отношении бассейнов рек.

Изменение естественных условий на важнейших рыбохозяйственных реках выдвинуло сложную проблему воспроизводства ценных видов рыб путем осуществления рыбоводно-мелиоративных мероприятий. За период с 1956 по 1968 г. было построено значительное число рыбоводных заводов и хозяйств по искусственному выращиванию молоди осетровых, судака, леща, семги и ряда других пород рыб, естественные условия воспроизводства которых были нарушены.

Большие успехи достигнуты в освоении биотехники выращивания молоди осетровых на рыбоводных заводах в низовьях Волги, Дона, Куры. Эффективно работают рыбопропускные сооружения на Волжской имени XXII съезда КПСС и Туломской ГЭС. Для поддержания благоприятных условий воспроизводства рыбных запасов в низовьях Волги, Днепра, Куры даются специальные попуски воды в нижние бьефы гидроузлов. На озере Севан удалось сохранить запасы и уловы форели, естественные условия воспроизводства которой были резко ухудшены в связи с понижением уровня озера в результате строительства Севано-Разданского каскада ГЭС. Однако современное состоя-

ние работ по направленному воспроизводству рыбных запасов в условиях гидростроительства еще не вполне удовлетворительно. Основная причина этого заключается в сложности проблемы, а также в отставании научных исследований и сроков осуществления намечаемых рыбохозяйственных мероприятий от темпов гидротехнического строительства.

Новым направлением в развитии рыбного хозяйства стало рыбохозяйственное освоение водохранилищ гидроэлектростанций. За счет создания водохранилищ значительно увеличился рыбохозяйственный водный фонд внутренних пресноводных водоемов, в котором на долю водохранилищ приходится около 25% общей площади. Уловы рыбы в водохранилищах гидроэлектростанций достигли 500—600 тыс. ц, что в 4 раза больше, чем добывалось до постройки водохранилищ. Такие водохранилища, как Каховское, Цимлянское, Кременчугское, Рыбинское являются крупными рыбохозяйственными водоемами, играющими важную роль в снабжении промышленных центров свежей рыбой. В этих водохранилищах добывается 310—360 тыс. ц вместо 45 тыс. ц, вылавливавшихся на этих участках рек до создания водохранилищ.

Основным недостатком в рыбохозяйственном освоении водохранилищ является несвоевременный ввод в действие рыбоводных объектов по выращиванию молоди ценной рыбы для зарыбления водохранилищ.

В связи с этим формирование рыбных запасов происходит только за счет естественного воспроизводства, условия для которого во многих водохранилищах являются неблагоприятными.

В связи со строительством рыбоводных заводов, рыбопитомников и прудовых хозяйств по выращиванию товарной рыбы рыбное хозяйство стало значительным водопотребителем. Водопотребление на эти цели в 1968 г. составило по имеющимся предположениям около 8,0 млрд. м³, в том числе 1,3 млрд. м³ безвозвратного.

В перспективе рыбное хозяйство на внутренних водоемах будет развиваться в условиях все более интенсивного и многоотраслевого использования водных ресурсов, что будет сопровождаться усилением влияния промышленности, градостроительства и сельского хозяйства на естественные условия воспроизводства рыбных запасов.

Генеральное направление рыбохозяйственного использования водных ресурсов, позволяющее не только сохранить, но и увеличить уловы рыбы во внутренних водоемах, заключается в осуществлении широкого комплекса рыбоводно-мелиоративных мероприятий в сочетании с естественным воспроизводством при выполнении основных требований рыбного хозяйства к режиму и состоянию водоемов.

Основным и неперенным условием успешного развития рыбного хозяйства является поддержание необходимого сани-

тарного состояния водоемов. Мероприятия, обеспечивающие требуемое санитарное состояние, должны проводиться в первую очередь на основных рыбохозяйственных водоемах — в Каспийском, Азовском, Обь-Иртышском бассейнах, на реках Северо-Запада и Дальнего Востока.

Выполнение требований рыбного хозяйства к санитарному состоянию водоемов нельзя достичь только мерами по очистке стоков. Необходимы ограничительные меры, предусматривающие прекращение поступления вредных стоков из промышленных предприятий в водоемы.

Сохранение природных свойств водных ресурсов путем уменьшения загрязнений приведет к увеличению биологической продуктивности внутренних водоемов и откроет более широкие перспективы для максимального использования потенциальных продукционных возможностей. В этом отношении ведутся работы, начатые в соответствии с постановлениями правительства о мерах по охране водных ресурсов.

Перспективы развития рыбного хозяйства на Каспийском, Азовском и Аральском морях находятся в непосредственной зависимости от уровня, гидробиологического и солевого режимов этих морей, определяющих величину кормовой базы и условия, нагула основных промысловых видов рыб, особенно ценных.

Поэтому для Каспийского моря необходимо сохранение уровня на отметке, близкой к современной, а для оптимального развития в нем рыбного хозяйства — улучшение гидробиологического режима восточной части Северного Каспия.

Для Азовского моря необходимо сохранение современного солевого режима, при котором средняя соленость воды должна быть не выше 11‰.

Увеличение безвозвратного изъятия стока из бассейнов рек Каспийского и Азовского морей без проведения соответствующих компенсационных мероприятий в обозримой перспективе может привести к полной потере рыбохозяйственного значения этих водоемов как основных источников получения осетровых рыб, судака, сазана, леща, воблы.

В связи с этим рыбохозяйственные организации особенно заинтересованы в ускорении работ по переброске стока северных рек в Волгу с пополнением водных ресурсов Дона и Урала, а также в регулировании водообмена между Азовским и Черным морями путем строительства перегораживающего сооружения в Керченском проливе.

Сложившееся рыбное хозяйство в Аральском море должно быть реконструировано и приспособлено к условиям дальнейшего снижения уровня моря на базе использования дельтовых водоемов Амударьи и Сырдарьи.

Одна из основных проблем рыбного хозяйства в бассейнах Каспийского и Азовского морей, на реках и озерах Северо-За-

пада и Сибири — сохранение масштабов воспроизводства молодежи полупроходных и проходных видов рыб: судака, сазана, леща, воблы, осетровых, сиговых, лососевых. Решение этой проблемы заключается в сочетании двух направлений — сохранения естественных условий размножения и всемерного развития искусственного рыборазведения.

Действующие рыболовные заводы и нерестово-вырастные хозяйства построены только в последние годы, поэтому еще не накоплен достаточный опыт их эксплуатации. В силу сложности биологических процессов еще недостаточно ясны многие факторы, обуславливающие выживание молодежи рыб на разных стадиях развития, режим и продолжительность их выращивания, сроки и места выпуска молодежи. Однако можно предполагать, что по мере совершенствования промышленного выращивания молодежи осетровых, судака, сазана, леща, лосося и семги и получения промыслового возврата потребность в сохранении естественных условий размножения будет постепенно сокращаться.

К мероприятиям, позволяющим сохранить и улучшить естественные условия размножения этих ценных рыб, относятся:

а) осуществление рыбохозяйственных попусков в низовья Волги, Урала, Терека, Куры, Дона, Кубани и других рек в размерах, обеспечивающих заход производителей из моря в реки, обводнение нерестилищ и эффективный нерест;

б) строительство регулирующих сток водохранилищ, позволяющих в маловодные годы обводнить часть наиболее продуктивных нерестилищ полупроходных рыб;

в) реконструкция существующих рыбопропускных сооружений и строительство новых при намечаемых гидроузлах;

г) создание искусственных нерестилищ осетровых на Волгоградском водохранилище, на участке Волги и Ахтубы ниже Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС, на нижних участках Дона и Кубани.

Осуществление рыбохозяйственных попусков представляет одну из сложных водохозяйственных задач, так как обводнение нерестилищ на Волге, Дону, Урале, Тереке, Кубани, Куре в условиях развивающегося народного хозяйства возможно только при строительстве дополнительных регулирующих водохранилищ, а также при переброске стока северных рек в Волгу, Дон и Урал.

Крупнейшим гидротехническим рыбохозяйственным сооружением является строящийся вододельитель в вершине дельты Волги, который обеспечит ежегодное обводнение естественных нерестилищ в восточной части дельты Волги и сократит размер рыбохозяйственного попуска.

По имеющимся предположениям, осуществление намеченного комплекса рыболовно-мелиоративных работ в Каспийском и Азовском рыбопромысловых бассейнах позволит при условии

поддержания благоприятного водного режима морей увеличить уловы в них ценных рыб с 1,0 млн. ц до 3,5 млн. ц.

Осуществленное и намеченное строительство гидроэлектростанций на реках европейского севера и северо-запада вызывает необходимость проведения мероприятий по предотвращению ущерба, наносимого ГЭС воспроизводству атлантического лосося. Имеющийся в настоящее время отечественный и зарубежный опыт показывает возможность поддержания уловов лососей путем искусственного их разведения и проведения мелиоративных работ. К первоочередным мероприятиям относится совершенствование биотехники разведения на существующих заводах и строительство экспериментально-производственных рыбоводных заводов с тем, чтобы до ввода в действие гидроузлов накопить опыт искусственного выращивания молоди семги в условиях Заполярья.

На реках Сибири актуальной проблемой для рыбного хозяйства является сохранение и увеличение запасов сиговых рыб (сиг, пелядь, муксун, ряпушка, омуль) и нельмы, для чего намечается строительство рыбоводных заводов и мелиорация нерестилищ.

Рыбное хозяйство на многих реках, в том числе основных по добыче рыбы, таких как Обь и Амур, непосредственно связано с огромными пойменными водоемами (Обские сора, озера Нижнего Амура), которые имеют крайне неустойчивый гидрологический режим, резко снижающий рыбопродуктивность. Поэтому для стабилизации увеличения уловов крупночастиковых рыб в Оби и Амуре требуется проведение гидротехнических и рыбоводно-мелиоративных работ.

Значительным источником увеличения рыбных ресурсов в ближайшей перспективе должно быть рыбохозяйственное освоение существующих и строящихся водохранилищ.

Для достижения более высокой рыбопродуктивности водохранилищ необходимо прежде всего закончить проведение комплекса мероприятий на существующих и строящихся наиболее ценных в рыбохозяйственном отношении водохранилищах: Куйбышевском, Волгоградском, Цимлянском, Каховском, Кременчугском, Краснодарском, Братском, Красноярском и других.

Специфической отраслью рыбного хозяйства, развитию которой в настоящее время придается большое значение, является прудовое товарное рыбоводство. Прудовое рыбоводство высокопродуктивно, не испытывает отрицательного воздействия других отраслей водного хозяйства и может широко использовать водохозяйственное строительство для своего развития (мелководья крупных водохранилищ, пруды-охладители ТЭЦ, ирригационные рисовые системы).

Развитие нерестово-выростных и прудовых хозяйств приведет к тому, что промышленное рыбоводство станет крупным водопотребителем.

По ориентировочной оценке потребности в воде для заполнения прудов и нерестово-выростных хозяйств в обозримой перспективе могут возрасти в 5—6 раз против современных 7—8 км³ в год.

В заключение необходимо отметить, что для увеличения запасов ценных видов рыб во внутренних морских и озерно-речных водоемах важное значение имеет фактор времени. Отставание рыбоводно-мелиоративных мероприятий от общих темпов водохозяйственного строительства может привести к необратимым процессам в естественных условиях воспроизводства рыбных запасов, восстановить которые будет практически невозможно.

Внутренний водный транспорт и лесосплав

Внутренний водный транспорт в современных условиях использует естественные и искусственные водные пути общей протяженностью 127 тыс. км, из которых 72 тыс. км имеют гарантированные глубины. При общем сравнительно небольшом удельном объеме перевозок СССР (8%) внутренний водный транспорт занимает важное место в народном хозяйстве страны. В Европейской части Союза, имеющей разветвленную сеть железнодорожных, шоссейных и воздушных путей, водный транспорт остается одним из основных связующих звеньев грузооборота приволжских, приднепровских и придонских промышленных и сельскохозяйственных центров; он является наиболее дешевым транспортным путем, связывающим угольные районы Донбасса и каспийскую нефть с районами машиностроения, металлургии, лесной промышленности Центра, Урала и Северо-Запада. В Азиатской части страны водный транспорт является основным связующим звеном между глубинными и северными районами Сибири и Дальнего Востока и транссибирской железнодорожной магистралью.

Развитие водного транспорта и улучшение судоходных условий тесно связаны с комплексным использованием водных ресурсов. Сооружение комплексных гидроузлов на Волге, Каме, Днепре и других реках позволило одновременно осуществить воднотранспортную реконструкцию этих рек.

Построенные каналы имени Москвы, Волго-Донской, Волго-Балтийский и другие решили проблемы водного транспорта в комплексе с водоснабжением, ирригацией, обводнением рек в санитарных целях.

Протяженность искусственных водных путей составляет в настоящее время 17 тыс. км, благодаря чему достигнуто значительное улучшение судоходных условий. На Волге вместо ступенчатых глубин 1,6—2,0—2,5 м на всем протяжении реки от Калинина до Астрахани установлена глубина не менее 3,25 м.

На нижнем Дону вместо прежних глубин 1,05—1,15—1,35 м установлена глубина 3,0—3,25 м. На Днепре, от Киева до Херсона создан водный путь с гарантированной глубиной судового хода 3,2 м. Ввод Киевского и Каневского гидроузлов позволит увеличить глубины с 1,8 до 3,2 м на участке Киев — Днепропетровск, где осуществляется до 40% перевозок грузов в Днепровском бассейне. Завершение каскадов ГЭС на Каме, Волге и Днепре является основой для создания Единой глубоководной системы Европейской части СССР.

В Сибири и на Дальнем Востоке гидротехническое строительство еще не оказало решающего влияния на водные пути. Здесь на многих речных участках поддержание судоходных глубин достигается дорогостоящим комплексом путевых работ (дноуглубительные, выправительные и другие работы), которые не могут преодолеть ступенчатость судоходных глубин, а поэтому не являются радикальным средством реконструкции водных путей.

Современный грузооборот внутреннего водного транспорта страны составляет 144 млрд. тонно-километров, а объем перевозок 302 млн. т.

Внутренний водный транспорт и в будущем сохранит важное значение, являясь составной частью общей транспортной системы страны. За внутренним водным транспортом сохранятся перевозки массовых грузов, не требующих большой скорости и равномерной подачи в течение года потребителю: это — строительные материалы (нерудные и лесные), руда, уголь и др. В северных районах и на Дальнем Востоке ввиду ограниченности железных и шоссейных дорог водный транспорт еще многие годы будет являться основным видом транспорта. Большую перспективу имеет развитие перевозок в крупнотоннажных судах смешанного речно-морского плавания, особенно в грузообмене на северо-западе страны, на Черном и Каспийском морях, а также на Дальнем Востоке.

Основными направлениями развития внутреннего водного транспорта являются дальнейшее повышение удельного веса перевозок в экономичных крупнотоннажных судах с механизацией погрузочно-разгрузочных работ, а также систематическое улучшение судоходных условий с обеспечением большими глубинами судового пути и увеличение пропускной способности действующих судоходных сооружений. Эти направления развития водного транспорта являются решающим фактором дальнейшего снижения себестоимости водных перевозок, что в свою очередь обеспечивает перспективу развития водного транспорта в общей системе транспортной сети СССР. Таким образом, в европейской части Союза это направление связано прежде всего с дальнейшими работами по формированию единой глубоководной системы. Однако и в других частях страны обеспечение больших глубин и ликвидация ступенчатости является

одним из важнейших условий повышения народнохозяйственной эффективности водных перевозок. Опыт показал, что эти направления развития водного транспорта должны осуществляться в комплексе с гидротехническим строительством, связанным с развитием гидроэнергетики, ирригации и других отраслей водного хозяйства.

Основные направления развития внутреннего водного транспорта определяют первоочередные мероприятия, главнейшие из которых — завершение работ по Волжско-Камскому и Днепро-Донскому каскадам гидроузлов; реконструкция водно-транспортного пути на Нижнем Дону; создание транспортного соединения Днепр — Азовское море на базе использования Северо-Крымского ирригационного канала; выполнение первой очереди работ по соединению Волжско-Камского бассейна с бассейном Печоры в связи с переброской части стока Печоры в бассейн Каспия; развитие водного транспорта в связи со строительством комплексных гидроузлов на Иртыше (Шульбинского и др.), Ангаре (Усть-Илимского и Богучанского) и Енисее (Средне-Енисейского, Саяно-Шушенского), строительство водно-транспортного соединения Амура с Татарским проливом на Дальнем Востоке, а также освоение внутренним водным транспортом морских трасс для эксплуатации высокоэкономичных судов смешанного плавания «река — море». В первую очередь намечается освоение участков Днепр — Черное море и Волга — Каспийское море.

В плане комплексного водохозяйственного строительства развитие водного транспорта требует: увязки интересов судоходства с рыбным хозяйством на Нижнем Дону и на Нижней Волге, оценки народнохозяйственной эффективности судоходных попусков в низовьях Волги, Днепра, Урала и других рек, разработки мероприятий по охране водных ресурсов от загрязнения сбросами хозяйственно-фекальных вод, отработанных масел, мазута и других отходов.

Лесосплав имеет в настоящее время и сохранит в перспективе важное народнохозяйственное значение, так как более 98% всей древесины СССР тяготеет к водным путям. В целом по стране к сплавным путям тяготеют лесные массивы с ликвидным запасом 16,4 млрд. м³, находящиеся в основном в бассейнах рек Северной Двины, Печоры, Онеги, Мезени, Оби, Енисея, Лены и Амура. Лесосплавом сейчас используется более 2000 рек, 255 озер и 11 крупных водохранилищ с общей протяженностью сплавных путей 142 тыс. км. При объеме лесозаготовок в 1965 г. 144 млн. м³ объем лесосплава составил 129 млн. м³, или 90%.

Сплав леса мелкими плотами и кошелями и особенно молью позволяет использовать мелководные реки, но приводит к значительным (до 30%) потерям леса и загрязнению водоемов затонувшей деловой древесиной и различными отходами. Осо-

Таблица 3-5

Потребление воды в народном хозяйстве страны

Потребители	км ³ /год		%	
	Полное	Безвозвратное	Полное	Безвозвратное
Население городов и рабочих поселков	6	2	2,8	1,6
Промышленность	27	2	12,6	1,6
Теплоэнергетика	30	1	13,9	0,8
Сельскохозяйственные водные мелiorации	120	90	55,6	74,6
Сельскохозяйственное водоснабжение	7	6	3,2	5,0
Рыбное хозяйство	8	1	3,7	0,8
Испарение с поверхности водохранилищ	19	19	8,8	15,6
Всего	215	121	100	100

бенно серьезный ущерб при этом наносится рыбному хозяйству.

Лесосплав является одним из наиболее дешевых видов транспортировки леса. Несмотря на существенные недостатки, свойственные этому виду транспорта, он сохранится еще многие годы, так как перевозка основных масс древесины другими видами транспорта потребует огромных капиталовложений на реконструкцию всего существующего хозяйства.

Тем не менее в рассматриваемый период необходимо существенно изменить лесосплавное хозяйство, по возможности ограничить, а в последующем совсем отказаться от молевого сплава. В первую очередь это должно быть выполнено на реках, имеющих рыбохозяйственное значение.

Основными направлениями развития лесосплава в перспективе должны явиться: концентрация сплавляемой древесины на путях сплава за счет уменьшения протяженности сплавных путей; увеличение удельного веса транспортировки леса в плотках и судах, повышение технического уровня лесосплавных путей и внедрение новых транспортно-технологических схем.

Улучшение лесосплавных путей наиболее перспективно в комплексе с интересами гидроэнергетики и водного транспорта. Строительство гидроузлов комплексного назначения позволяет превратить пути лесотранспорта в глубоководные магистрали с транспортом леса по ним в судах и крупногабаритных плотках.

Рассмотрение современного состояния отраслей народного хозяйства страны, связанных с использованием водных ресурсов (табл. 3-5), позволяет оценить соотношение водопотребления отдельных отраслей.

Из табл. 3-5 видно, что основным водопотребителем в стране является сельское хозяйство (около 59%, или 80% по безвозвратному водопотреблению); население, промышленность и теплоэнергетика потребляют 29%; испарение с поверхности водохранилищ составляет около 9%.

Анализируя тенденции развития отраслей народного хозяйства и перспективы развития водного хозяйства, можно предположить, что в целом по стране потребности в свежей воде в обозримой перспективе возрастут до 460—500 км³/год при безвозвратном водопотреблении 250—260 км³/год. Сельское хозяйство, как и в настоящее время, останется наиболее водоемкой отраслью.

3-3

Краткий обзор водохозяйственных балансов бассейнов крупных рек и основных мероприятий по покрытию перспективного водопотребления

По обеспеченности народного хозяйства водными ресурсами территорию СССР можно разделить на две основные зоны: зону с избытком воды и зону с ограниченными водными ресурсами. В первую зону входят северо-западный и северный склоны европейской части Союза, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток. На этой территории затруднения с водоснабжением имеют место только по отдельным промышленным узлам. Ко второй зоне относятся Центральный и Центрально-Черноземный районы, Молдавия, Украина, Поволжье, Урал, Северный Кавказ и Закавказье (без Черноморского бассейна), Средняя Азия, Западный и Центральный Казахстан. В этой зоне уже в настоящее время затруднения с обеспечением водными ресурсами испытывают многочисленные населенные пункты и даже крупные промышленные и сельскохозяйственные районы (Донбасс, промышленный Урал, район Курской магнитной аномалии, Крым и др.), а в перспективе дефицит водных ресурсов будут испытывать обширные территории, о чем свидетельствуют результаты изучения водохозяйственных балансов по основным речным бассейнам этой зоны: Волги, Днестра, Днепра, Дона, Кубани, Терека, Сулака, Куры, Урала, Сырдарьи и Амударьи.

Исследование водохозяйственных балансов и проблем, связанных с водоснабжением народного хозяйства, чрезвычайно сложная задача, решаемая в специально разрабатываемых бассейновых и региональных схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Ниже приводятся только некоторые показатели водохозяйственных балансов по этим бассейнам на обозримую перспек-

Таблица 3-6

Водохозяйственные балансы по бассейнам основных рек
в маловодные годы обеспеченностью 75 и 95% (км³)

Бассейны рек	Площадь регулярного орошения, млн. га	Располагаемые водные ресурсы с учетом подземных вод		Безвозвратное					
				Всего		Промышленность и водоснабжение городов и поселков городского типа	Орошение		Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение
		75%	95%	75%	95%		75%	95%	
Волга	2,0	221,5	184,5	42,1	36,2	4,4	14,7	11,8	0,9
Днестр	0,5	8,3	6,3	4,0	3,8	0,8	2,4	2,2	0,2
Днепр	2,2	45,4	35,0	25,2	23,8	6,7	13,7	12,5	1,0
Дон	0,9	21,7	15,4	11,0	9,9	2,0	5,5	4,4	0,5
Кубань	0,7	12,0	10	10,1	9,5	0,4	6,3	5,7	0,9
Терек и Сулак	0,9	15,4	13,4	9,0	7,8	0,7	6,0	4,8	0,4
Кура	2,1	25,5	22,8	17,9	15,2	0,8	13,5	10,8	0,4
Урал	0,15	5,3	3,0	3,9	3,7	1,1	1,0	0,8	0,1
Сырдарья	3,1	25,1*	—	30,9	—	1,0	26,4	—	0,3
Амударья	3,3	54,9*	—	53,8	—	0,8	40,7	—	0,3

* Водохозяйственный баланс по бассейнам Амударьи и Сырдарьи выполнен по маловодному году обеспеченностью 90%.

** Возможная переброска части стока Волги в Дон и Урал.

*** Отъемы воды за пределами территории СССР.

**** Русловые потери и отъемы воды за пределами территории СССР.

тиву (табл. 3-6), а также соображения о предполагаемых крупных комплексных водохозяйственных мероприятиях для обеспечения водными ресурсами народного хозяйства.

Бассейн Волги

Волжский сток зарегулирован водохранилищами Волжско-Камского каскада, суммарный полезный объем которых составляет около 80 км³ и перераспределяется внутри года в соответствии с требованиями энергетики, судоходства, рыбного и сельского хозяйства. Волга является крупным источником водной энергии (гидроэнергетический потенциал ее с притоками превышает 100 млрд. квт·ч) и важнейшей водотранспортной магистралью.

Волжским стоком необходимо обеспечить весенние рыбохозяйственный и сельскохозяйственный попуски для затопления Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, навигационные попу-

водопотребление				Попуски в низовья (санитарные, рыбохозяйственные, транспортные и другие)		Расходная часть (суммарно-безвозвратное водопотребление и попуски в низовьях рек)		Избыток (+) или дефицит (—) располагаемых водных ресурсов		Баланс с учетом намечаемых мероприятий	
числе											
Рыбохозяйственные мероприятия	Испарение с поверхности водохранилищ	Прочие потребности									
			75%	95%	75%	95%	75%	95%	75%	95%	
2,9	11,2	8,0**	168,0	148,0	210,1	184,2	+11,4	+0,3	+31,4	+20,3	
0,4	0,2	—	2,5	2,5	6,5	6,3	+1,8	0	+1,8	0	
0,6	3,2	—	16,0	16,0	41,2	39,8	+4,2	—4,8	+5,1	—3,9	
0,7	2,0	—	21,0	13,3	31,7	22,9	—10,0	—7,5	+1,7	+2,5	
2,3	0,2	—	2,0	1,6	12,1	11,0	—0,1	—1,0	—0,1	—0,8	
1,9	—	—	4,5	2,3	13,5	10,1	+1,9	+3,3	+1,9	+3,5	
0,7	1,3	1,2***	5,5	5,5	23,4	20,7	+2,1	+2,1	+2,1	+2,1	
0,8	0,9	—	5,5	1,3	9,4	5,0	—4,1	—2,0	—0,3	+0,5	
1,9	1,3	—	0,9*	—	31,8	—	—6,7	—	—2,4	—	
2,1	0,5	9,4****	3,0*	—	56,8	—	—1,9	—	0	—	

ски в течение летне-осенней межени и санитарные и рыбохозяйственные попуски в зимний период.

Крупной расходной статьей водохозяйственного баланса Волги станет в обозримой перспективе орошаемое земледелие. Так, если в настоящее время волжская вода используется для орошения 200 тыс. га, то в перспективе площадь орошаемых земель предполагается увеличить до 1,5—2,0 млн. га. Потребление волжской воды орошаемым земледелием может возрасти с 1,5 до 15 км³.

Значительным потребителем волжской воды может стать Азовский бассейн в связи с решением проблемы восстановления рыбного хозяйства. Предполагается в обозримой перспективе перебрасывать из Волги в Дон 5—10 км³ воды. Для поддержания и улучшения необходимых условий для рыбного хозяйства в восточной части Северного Каспия предполагается волжский сток в объеме 3 км³ и более подавать в р. Урал.

Сопоставление потребности в воде со стоком Волги расчетных маловодных лет показывает, что в ближайшем будущем

Таблица 3-7

Возможное снижение гарантированной среднезимней мощности волжских гидроэлектростанций

Гидроэлектростанция	Проектная гаранти- рованная среднезим- няя мощность, Мвт	Снижение гаранти- рованной среднезим- ней мощности в обоз- римой перспективе, Мвт	Гидроэлектростанция	Проектная гаранти- рованная среднезим- няя мощность, Мвт	Снижение гаранти- рованной среднезим- ней мощности в обоз- римой перспективе, Мвт
Рыбинская	53	40	Волжская имени	812	355
Горьковская	95	45	XXII съезда КПСС		
Чебоксарская	264	100	Пермская	118	40
Волжская имени	692	300	Воткинская	158	55
В. И. Ленина			Нижекамская	207	85
Саратовская	413	180	Всего	2 812	1 200

потребность народного хозяйства в воде не может быть удовлетворена без выполнения серьезных водохозяйственных мероприятий.

Покрытие потребностей в воде за счет усиленной сработки волжских водохранилищ в теплый период года связано с систематическим уменьшением выработки энергии на гидроэлектростанциях волжско-камского каскада и снижением их располагаемых мощностей в зимнее время (табл. 3-7).

Такая сработка волжских водохранилищ не обеспечивает также необходимых глубин для водного транспорта. Поэтому первоочередной задачей является окончание в наиболее короткие сроки строительства водodelителя в дельте Волги, что позволит снизить рыбохозяйственные попуски в низовьях Волги с 95—105 до 66 км³ в год.

Радикальным мероприятием, решающим основные водохозяйственные проблемы в бассейне Волги, является переброска стока северных рек — в первую очередь части стока Печоры.

Переброска стока Печоры в бассейн Волги наряду с удовлетворением потребности в воде отраслей народного хозяйства, позволит решить важнейшую водохозяйственную задачу — поддержание уровня Каспийского моря на отметках, близких к современным. Первую очередь переброски в бассейн Волги стока Печоры в объеме 20—25 км³ следует осуществить в ближайшей перспективе.

Важным водохозяйственным мероприятием в бассейне Волги является завершение строительства каскада Волжско-Камских гидроэлектростанций.

Водообеспечение развивающихся промышленных районов, промышленных узлов и районов орошаемого земледелия, тяго-

теющих к Волге и ее притокам, потребует создания многочисленных водохранилищ, строительства водопроводных и ирригационных каналов, территориального перераспределения водных ресурсов.

Наиболее крупные водохозяйственные мероприятия по покрытию дефицита воды потребуются в бассейне Оки (Москва с прилегающими районами области, Тульско-Новомосковский промышленный район, Орловский и Ивановский промышленные узлы), на Урале (Свердловский и Челябинский промышленные районы) и в районах орошаемого земледелия (Волго-Уральское междуречье и Сарпинская низменность).

Перспективное водообеспечение Москвы можно решить мероприятиями по увеличению пропускной способности насосных станций канала имени Москвы, по использованию для водоснабжения зарегулированного стока р. Вазузы и по подаче в южные районы области и в Москву части стока Оки путем строительства канала Ока—Москва. Потребности в воде Тульско-Новомосковского промышленного района могут быть покрыты регулированием стока р. Упы, а затем регулированием и подачей к Туле стока р. Прони.

Для водообеспечения Свердловска следует повысить степень использования водных ресурсов Чусовой, а в дальнейшем использовать воды р. Уфы. Для водообеспечения Челябинска наряду с развитием использования промышленностью отработанных сточных вод требуется регулирование верхней Уфы и переброска части ее стока в р. Миасс.

Необходимо выполнить большой объем проектных проработок по выбору схемы комплексного использования водоземельных ресурсов Нижней Волги и междуречья Волга—Урал, по разработке комплекса рыбохозяйственных мероприятий по Северному Каспию и низовьям Волги и Урала.

Необходимо отметить, что водохозяйственные задачи в бассейне Волги должны решаться совместно с проблемой Каспийского моря.

Бассейны Терека и Сулака

Основным водопотребителем в бассейнах Терека и Сулака является орошаемое земледелие, на долю которого приходится до 70% общего водопотребления.

Анализ водохозяйственных балансов показывает, что водные ресурсы Терека достаточны для обеспечения намечаемого развития народного хозяйства, в том числе орошения на площади 0,7—0,8 млн. га при водоотборе около 5 км³ в год.

Однако при развитии орошения в ближайшие годы возникнет дефицит стока в отдельные периоды маловодных лет, который составит 800—900 млн. м³. Для покрытия дефицита предла-

гается строительство Курпского водохранилища с полезной емкостью около 900 млн. м³ на правом притоке Среднего Терека — р. Курп.

Дальнейшее увеличение площадей орошения в бассейне Терека повлечет за собой строительство дорогостоящих водохранилищ многолетнего регулирования или переброску стока из водообильных бассейнов (таким водосточником рядом проектных организаций рассматривается бассейн Волги с учетом намечаемой переброски части стока северных рек).

Водные ресурсы Сулака не покрывают потребностей в воде отраслей народного хозяйства в обозримой перспективе. Такое положение обуславливается прежде всего противоречием между требованием рыбного хозяйства о сохранении объема стока на Нижнем Сулаке в размере 50—60% стока маловодных лет и развитием остальных отраслей народного хозяйства, в первую очередь сельского хозяйства.

Увязать намечающиеся противоречия возможно за счет ограничения в использовании водных ресурсов наиболее водоемких отраслей, т. е. рыбного хозяйства или орошаемого земледелия.

Ввиду незначительного влияния Сулака на рыбное хозяйство Каспийского бассейна следует изучить возможность ограничения в перспективе естественного воспроизводства рыб в бассейне, компенсировав его дополнительными мероприятиями по искусственному воспроизводству.

Бассейн Куры

Водные ресурсы Куры, зарегулированные Мингечаурским водохранилищем в многолетнем разрезе, покрывают современное водопотребление и обеспечивают рыбохозяйственные и санитарные попуски в нижнем течении реки.

Для покрытия перспективного роста водопотребления в бассейне Куры необходимо создание новых водохранилищ с суммарной полезной емкостью около 4—5 км³.

Сроки исчерпания водных ресурсов в бассейне трудно определить в настоящее время, так как многое будет зависеть от безвозвратных отъемов воды за пределами территории СССР, которые уже сейчас имеют тенденцию к росту. В дальнейшем потребуются привлечение в бассейн Куры стока из смежных рек, в частности, рек Западной Грузии. Для своевременной подготовки этих решений, связанных с большими затратами и значительной перестройкой уже сложившегося хозяйства Западной Грузии, необходимо сейчас широко развернуть проектно-исследовательские работы по обоснованию объема и направлений переброски стока в увязке с интересами водохозяйственного комплекса Восточной Грузии, Армении и Азербайджана.

В современных условиях сток Урала зарегулирован несколькими водохранилищами с суммарным полезным объемом $3,4 \text{ км}^3$ (в том числе Ириклинское водохранилище $2,8 \text{ км}^3$).

Водные ресурсы Урала уже сейчас не могут покрыть современную потребность в воде рыбного хозяйства и удовлетворить санитарные требования в нижнем течении реки. Дефицит стока в маловодные годы составляет около $1,0 \text{ км}^3$, в будущем он может возрасти до $2—4 \text{ км}^3$ в год.

Покрытие дефицитов воды может быть обеспечено как регулированием стока Урала, так и за счет переброски волжской воды в Урал. Для регулирования стока имеются предпосылки создания ряда новых водохранилищ, которые позволят довести суммарную полезную емкость водохранилищ в бассейне Урала до $7—8 \text{ км}^3$. Первоочередным может быть Галицинское водохранилище.

По мнению отдельных специалистов, для удовлетворения требований рыбного хозяйства на Нижнем Урале и Северном Каспии необходима подача воды по каналу Волга—Урал от $3—4$ до $9—12 \text{ км}^3$ в год. Этот вопрос требует всестороннего изучения.

Бассейн Каспийского моря

Бассейн Каспийского моря на 90% своей территории расположен в пределах СССР, охватывая Волго-Вятский, Центральный, Уральский, Северо-Кавказский, Поволжский экономические районы РСФСР, а также частично Казахскую, Туркменскую, Грузинскую и полностью Азербайджанскую и Армянскую союзные республики. Около 10% площади бассейна находится на территории Ирана и Турции.

На Каспийском побережье расположены крупные промышленные центры: Баку, Сумгаит, Махач-Кала, Красноводск, Шевченко, Каспийск, Дербент и др.

Осуществление Волжско-Камского каскада гидроэлектростанций и глубоководной магистрали Каспий—Балтика вступило в стадию завершения.

Из 20 гидроузлов с гидроэлектростанциями общей мощностью $15,8 \text{ млн. кВт}$ находятся в эксплуатации 10 гидроузлов суммарной мощностью ГЭС $7,4 \text{ млн. кВт}$; ведется строительство 3 гидроузлов с ГЭС мощностью $3,9 \text{ млн. кВт}$.

Низовья Волги, Урала и Северный Каспий богаты ценными породами рыб. В прошлом этот район давал 60% всей добычи рыбы. Уловы частиковых рыб достигали $5,5 \text{ млн. ц}$, а осетровых — $0,3—0,4 \text{ млн. ц}$ в год.

При современном уровне моря, осуществлении мероприятий по рыбохозяйственным мелиорациям, воспроизводству рыбы,

Таблица 3-8

Ожидаемый рост безвозвратного потребления воды
в бассейне Каспийского моря

Потребители	Безвозвратное водопотребле- ние, км ³ /год	
	1965	Обозримая перспектива
Население городов, рабочих поселков, промыш- ленность, теплоэнергетика	2,0	7,0
Орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	16,0	41,0
Рыбное хозяйство	0,3	4,0
Испарение с поверхности водохранилищ	7,8	14,0
Заполнение водохранилищ	4,0	5,0
Всего с округлением	30	70

соблюдению рациональной системы лова и сокращению загрязнения рек, рыбохозяйственный потенциал Каспия оценивается 2,5—3,0 млн. ц ежегодного улова ценных рыб, в том числе 0,5 млн. ц осетровых.

Большое рыбохозяйственное значение может иметь р. Урал, однако для поддержания рыбного хозяйства здесь необходимо привлечение дополнительной воды из другого источника. Наиболее реальным источником представляется Волга, вода которой может быть подана по каналу Волга—Урал с попутным отбором воды на нужды орошения и обводнения Волго-Уральского междуречья. При этом улучшится санитарное состояние нижнего, наиболее важного для рыбного хозяйства участка р. Урала и произойдет опреснение восточной части Северного Каспия.

Большое значение в бассейне Каспия имеет поливное земледелие, которое намечается осуществить на площади до 5,5—6,0 млн. га против 2,1 млн. га в настоящее время, что резко увеличит безвозвратное водопотребление.

Сельское и особенно рыбное хозяйство низовьев Волги и Северного Каспия, сложившиеся в условиях естественного гидрологического режима реки с характерными высокими весенними половодными разливами на территории Волго-Ахтубинской поймы и дельты оказались не готовыми к переходу на новые формы существования, в связи с чем в ближайшее время необходимо завершить строительство водodelителя в дельте Волги, рыбо-водных заводов, нерестово-выростных хозяйств и мелиорацию естественных нерестилищ.

Важное место в морских перевозках Советского Союза занимает водный транспорт Каспийского моря. Через Каспий осуществляется связь республик Кавказа и Закавказья со Среднеазиатскими республиками. В то же время прикаспийские районы

связываются дешевым водным путем по Волге с центральными районами страны. Перевозки по Каспийскому морю в 1965 г. составили 24 млн. т, или около 16% всех морских перевозок Советского Союза; в дальнейшем перевозки будут все возрастать.

Водообеспечение населения, промышленности, орошения и подача воды в Дон вызовут значительный рост безвозвратных отъемов воды в бассейне Каспийского моря (табл. 3-8), что может снизить уровень моря в пределах от 0,6 до 1,5 м (в зависимости от водности предстоящего периода).

Очевидно, что покрытие растущих потребностей в воде центральных и южных районов Каспийского бассейна и решение задачи поддержания уровня моря на отметках, близких к современным в будущем, не могут быть удовлетворены без переброски стока из северных и северо-западных речных бассейнов, где имеются избыточные запасы воды.

Бассейн Днестра

В современных условиях водные ресурсы Днестра в расчетные маловодные годы превышают потребность в воде на 2—2,5 км³; но в будущем водные ресурсы Днестра, по-видимому, будут исчерпаны.

Для покрытия сезонного дефицита воды следует зарегулировать сток Днестра Могилев-Подольским водохранилищем с полезным объемом 2,2 км³ и Унижским водохранилищем с полезным объемом 0,8 км³. В дальнейшем возможно потребуются строительство гидроузла, отгораживающего лиман Днестра от моря, для предотвращения засоления нижнего участка реки.

Для покрытия местных дефицитов воды необходимо построить ряд небольших водохранилищ на притоках Днестра.

Следует осуществить также комплекс сооружений по водообеспечению городов Кишинева и Бельцы, а также принять меры по защите Кишинева от наводнений.

Учитывая, что в перспективе водные ресурсы бассейна Днестра могут быть исчерпаны, необходимо в ближайшее время изучить возможности привлечения части стока Дуная для покрытия потребностей в воде на юге Молдавии и Украины.

Бассейн Днепра

В настоящее время сток Днепра, зарегулированный водохранилищами, с избытком покрывает современное водопотребление. Однако в будущем в расчетные маловодные годы ожидается дефицит воды, который может достигнуть 5 км³, что обусловлено возможным развитием орошения (более 2,0 млн. га), а также увеличением потребности в воде других отраслей. Раз-

витие народного хозяйства в бассейне потребует строительства каналов Днепр—Ингулец—Ингул и Днепр—Донбасс, расширения Северо-Крымского канала, а также изменения режима работы водохранилищ Днепровского каскада с использованием основной емкости их в течение периода вегетации. Такой режим работы водохранилищ приведет к уменьшению средней годовой выработки энергии гидроэлектростанций Днепровского каскада с 9,3 до 7,5 млрд. кВт·ч.

Водные ресурсы Днепра должны обеспечить также попуск в нижнем течении в объеме 16 км³ в год (или 500 м³/сек), необходимый для отгона морской воды и предотвращения засоления Днепровского лимана. В будущем такой попуск не может быть обеспечен собственными водными ресурсами Днепра, поэтому потребуется построить Нижне-Днепровскую плотину, которая позволит решить ту же задачу при попусках, сниженных до 80—100 м³/сек.

Дефицит водных ресурсов в перспективе ожидается также в Минском промышленном районе, для покрытия которого осуществляется строительство Вилейско-Минской водной системы. В более отдаленной перспективе развитие промышленности и сельского хозяйства в бассейне Днепра будет возможно только при условии привлечения дополнительных водных ресурсов из других рек: с севера — Ловать, с запада — Дунай.

Важной задачей является охрана водных ресурсов бассейна Днепра от загрязнения сточными водами промышленности и городов.

Изложенное выше показывает, что в ближайшее время необходимо приступить к разработке схемы комплексного использования и охраны водо-земельных ресурсов бассейна Днепра в ближайшие 20—30 лет, в которой должны быть решены проблемы водообеспечения промышленности и орошаемого земледелия в комплексе с развитием гидроэнергетики и водного транспорта. В этой же схеме должна быть рассмотрена экономическая целесообразность переброски в бассейн Днепра стока северо-западных рек и Дуная.

Бассейн Дона

Располагаемые водные ресурсы Дона уже в настоящее время в маловодные годы не удовлетворяют запросов потребителей (главным образом рыбного хозяйства).

Развитие поливного земледелия до 0,9—1,0 млн. га против современных 0,2 млн. га приведет к дефициту водных ресурсов, который в маловодном году 95% обеспеченности может достигнуть 8—10 км³/год.

Покрытие потребностей в воде возможно шлюзованием Нижнего Дона и за счет привлечения водных ресурсов из смежных

речных бассейнов. Заслуживает дальнейшего изучения вариант переброски стока из Волги по существующему каналу имени В. И. Ленина в объеме 5 км^3 (первая очередь) с доведением его в последующем до 10 км^3 в год. Этот вариант одновременно решает задачу поддержания необходимой для рыбного хозяйства солености и кормности Азовского моря.

В настоящее время институтом Гидропроект имени С. Я. Жука совместно с другими организациями разрабатывается «Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря», в которой развитие водного хозяйства Нижнего Дона рассматривается в увязке с решением проблемы рыбного хозяйства Азовского моря.

Бассейн Кубани

Основными потребителями кубанской воды являются орошаемое земледелие и рыбное хозяйство (около 5 км^3). Для поддержания судоходных глубин и обводнения левого притока Дона — р. Маныча требуется ежегодно расходовать до 3 км^3 воды.

Для регулирования стока Кубани в низовьях бассейна построены Шапсугское и Тщикское водохранилища (второе для борьбы с наводнениями), на верхнем участке — Большое. В настоящее время строится Краснодарское водохранилище с полезным объемом около 3 км^3 , которое позволит решить проблемы водообеспечения на нижнем участке бассейна. Однако при этом необходимо будет отказаться от обводнения Маныча и обеспечения глубин для местного судоходства в низовьях реки специальными попусками.

Затраты воды для этих целей в условиях намечаемого развития сельских и рыбохозяйственных водных мелиораций оказываются нерациональными.

Регулирование стока Кубани водохранилищем Большим позволит покрыть перспективное развитие водопотребления в бассейне верхней Кубани и на прилегающей территории, базирующейся на водных ресурсах этого участка бассейна (Кубань-Калаусская и Кубань-Егорлыкская оросительно-обводнительные системы, промышленные узлы Ставрополя и т. д.) только в ближайшие годы.

В дальнейшем для обеспечения водными ресурсами развития народного хозяйства на верхнем участке бассейна следует осуществить переброску стока рек Большого и Малого Зеленчуков в Кубань выше водозабора Кубань-Калаусской оросительно-обводнительной системы с одновременным регулированием его в верховьях этих рек водохранилищами с суммарным полезным объемом около $0,3 \text{ км}^3$.

Бассейн Азовского моря

Азовское море — один из наиболее рыбопродуктивных водоемов в СССР с площадью зеркала около 38 тыс. км² и объемом 320 млрд. м³. Средняя глубина моря около 8,5 м. Азовское море соединяется с Черным Керченским проливом шириной в узком месте 4,4 км.

Азовское море имеет сложный гидрологический режим, связанный с поступлением пресной воды из двух основных рек Дона и Кубани и водообменом через Керченский пролив с Черным морем.

Средняя соленость Азовского моря (10,6‰) сложилась при следующем соотношении основных элементов водного баланса (табл. 3-9).

Основным богатством Азовского моря, определяющим его народнохозяйственное значение, являются ценные породы рыб: осетровые, судак, лещ, тарань, сазан, шемая, чехонь, донская сельдь и др.

В последние десятилетия происходит неуклонное падение запасов и уловов ценных рыб: с 351 тыс. ц в 1951—1954 гг. до 185 тыс. ц в 1955—1965 гг. При этом удельный вес ценных рыб снизился с 83% в 1927 г. до 12% — в 1965 г.

Такое снижение уловов ценных рыб в Азовском бассейне объясняется: гидротехническим строительством в бассейнах Кубани и Дона; нерациональным ведением промысла; крайне низкими темпами развития промышленного рыбоводства; снижением притока пресных вод в результате роста безвозвратных отъемов стока Дона, Кубани и других рек.

Таблица 3-9

Водный баланс Азовского моря

Приход		Расход	
Источники поступления воды	Объем, км ³ /год	Потери воды	Объем, км ³ /год
Приток пресных вод	44,4	—	—
В том числе:			
сток Дона	29,8	—	—
сток Кубани	13,6	—	—
сток малых рек Приазовья	1,0	—	—
Осадки на поверхности моря	13,8	Испарение	35,7
Итого приток пресных вод	58,2	—	—
Поступление воды из Черного моря	29,7	Отток воды в Черное море	51,1
Поступление сивашских вод	0,3	Отток в Сиваш	1,4
Итого приток соленых вод	30,0		
Суммарный приток	88,2	Суммарный расход	88,2

При изъятии пресного стока в количестве 13—14 км³ в год средняя соленость моря увеличится до 12—14‰, что приведет к уменьшению ареалов нагула рыб на 90% и снижению кормовой продуктивности моря. Предварительная оценка показывает, что в таких условиях возможно снижение уловов рыб почти в 4 раза, что практически означает потерю этого рыбопродуктивного водоема.

Для сохранения современного режима Азовского моря следует ограничить приток соленых вод из Черного моря регулирующим сооружением в Керченском проливе и компенсировать часть отъемов стока из рек Азовского бассейна на нужды народного хозяйства переброской стока из Волги.

Строительство гидроузлов на реках, ирригационных систем и других водохозяйственных сооружений должно быть увязано с общим направлением использования водных ресурсов Азовского бассейна, а также с охраной водных ресурсов от загрязнения и истощения. В связи с этим необходимо ускорить составление бассейновых схем Кубани и Дона и на их основе более детально рассмотреть проблемы водного хозяйства всего бассейна с учетом отдаленной перспективы.

Бассейн Амударьи

Водные ресурсы Амударьи используются главным образом для орошения земель (свыше 90%). В современных условиях водное хозяйство в бассейне Амударьи испытывает большие затруднения, особенно в весенние месяцы, когда из-за малых расходов и низких горизонтов воды становится невозможным забор воды в оросительные системы. В течение трех последних лет для обеспечения забора воды в оросительные системы Амударья в низовьях перекрывалась временными плотинами различного типа.

С развитием орошения до 3,0—3,3 млн. га (отбор воды в строящиеся Каракумский, Каршинский, Аму-Бухарский и другие каналы) трудности в водообеспечении ирригационных систем, расположенных в нижнем течении Амударьи, сильно возрастут. В маловодный год 90% обеспеченности дефицит достигнет 2—3 км³ в год.

Для покрытия возрастающего водопотребления необходимо регулирование стока Амударьи водохранилищами, как на самой реке, так и внутрисистемными (в составе наиболее крупных ирригационных систем).

Одновременно со строящимся Нурекским водохранилищем полезной емкостью 4,5 км³ следует создать в нижнем течении реки Тюя-Муюнское водохранилище с полезной емкостью около 5 км³ и в верхнем течении — Рогунское водохранилище с полезным объемом 8,6 км³. Это позволит почти полностью зарегулиро-

вать сток Амударьи и обеспечить потребности в воде народного хозяйства в расчетные маловодные годы.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия в бассейне Амударьи потребует привлечения стока из других бассейнов, богатых водными ресурсами.

Бассейн Сырдарьи

В бассейне Сырдарьи сейчас эксплуатируются Кайраккумское, Чардаринское и несколько водохранилищ на малых реках с суммарной полезной емкостью $7,4 \text{ км}^3$.

На р. Нарын строится Токтогульское водохранилище полезным объемом 14 км^3 , после ввода которого будет обеспечено регулирование стока Сырдарьи в многолетнем разрезе.

Современные водные ресурсы Сырдарьи вскоре будут полностью исчерпаны. Уже в ближайшие годы намечается дефицит воды в объеме около 3 км^3 , а в дальнейшем дефицит возрастет до $6—7 \text{ км}^3$.

Рост водопотребления можно покрыть вводом в строй Токтогульского и ряда других водохранилищ, после чего водные ресурсы Сырдарьи будут практически полностью исчерпаны и последующее развитие орошения может осуществляться только за счет коренного улучшения использования воды и подвода ее из внешних источников.

Некоторые дополнительные объемы воды могут быть получены за счет дальнейшего уменьшения потерь в ирригационных системах, уменьшения поливных норм. Эти необходимые мероприятия, требующие значительных средств и времени для реконструкции существующих систем, не решают задачи водообеспечения народного хозяйства бассейна Сырдарьи на отдаленную перспективу. Развитие орошаемого земледелия в бассейне Сырдарьи потребует привлечения стока из других бассейнов. Эта проблема может быть решена в комплексе с проблемами бассейна Амударьи и Аральского бассейна в целом.

Бассейн Аральского моря

Народнохозяйственное значение Аральского моря определяется в первую очередь рыбным промыслом. В благоприятных условиях уловы рыбы достигали здесь $400—450$ тыс. ц. При этом на долю ценных видов рыб приходилось около 300 тыс. ц. На Аральском море получил развитие водный транспорт, связывающий дельту Амударьи и другие приморские районы через порт Аральск с железнодорожным транспортом.

Аральский народнохозяйственный комплекс тесно связан с уровнем, солевым и гидробиологическим режимом моря, который

Таблица 3-10

Водный баланс Аральского моря ($\text{км}^3/\text{год}$)

Статьи водного баланса	1962 г. (фактический)	Обозримая перспектива
Приходная часть:		
поступление воды из Амударьи	32,9	12,7
поступление воды из Сырдарьи	5,9	6,3
осадки на поверхности дельты Амударьи	0,5	0,05
осадки на поверхности моря	6,2	5,2
подземный приток	1,0	1,0
Итого	46,5	25,5
Расходная часть:		
испарение с поверхности моря	66,0	55,2
испарение с поверхности дельты Амударьи	5,0	0,5
Итого	71,0	55,7
Баланс	-24,5	-30,2

в свою очередь зависит от размеров притока вод Сырдарьи и Амударьи, обусловленного климатическими изменениями в их бассейнах, и прогрессирующим забором речной воды на нужды орошения земель и водоснабжения.

Водные ресурсы Аральского моря ограничены стоком из бассейнов двух основных рек — Амударьи и Сырдарьи, оцениваемым (по створам с наибольшим стоком) средней многолетней величиной порядка 120 км^3 и в маловодный год 85 км^3 .

Наиболее крупный современный и перспективный водопотребитель — орошаемое земледелие — использует около 80% общего забора воды. В настоящее время здесь орошается около 4,2 млн. га земель, преимущественно под хлопок, с водозабором 72 км^3 и безвозвратными потерями 40 км^3 .

В настоящее время в Аральское море в средние по водности годы поступает 55 км^3 сырдарьинских и амударьинских вод. В связи с ожидаемым развитием орошаемого земледелия (до 6,5—7,0 млн. га) и водоснабжения приток пресных вод Сырдарьи и Амударьи в море в средние по водности годы может снизиться до 25—30 км^3 , а в маловодные годы будет практически полностью разбираться на орошение (табл. 3-10).

В этих условиях уровень моря может снизиться на 4—5 м, при этом соленость моря повысится с 11 до 15‰. В этих условиях ценные породы рыб не смогут существовать. Окажется невозможной также и водотранспортная связь.

В бассейне Аральского моря особо следует рассмотреть задачи водообеспечения земледелия.

Площадь земель, пригодных для орошения в бассейне, составляет свыше 20 млн. га, а возможности водообеспечения в

современных условиях оцениваются в 6,5 млн. га и после завершения строящихся регулирующих гидроузлов — около 7,0—7,5 млн. га.

Развитие дальнейшего регулирования стока в бассейне Сырдарьи будет давать незначительный эффект, в то время как регулирование стока Амударьи будет эффективным; здесь необходимо изыскать возможности создания новых водохранилищ суммарным объемом примерно 30—40 км³ на реках Вахш и Пяндж.

Одной из важнейших задач ближайших лет в бассейне Арала является организация экономного, нормированного забора воды и сокращения потерь. Путь усовершенствования оросительных систем хотя и связан с крупными затратами, все же является в условиях Средней Азии неизбежным и оправданным, так как позволит расширить площади орошения по предварительной оценке до 9—10 млн. га. Эти возможности расширения орошаемых площадей имеют большое значение, но не решат задачи более широкого развития орошения Средней Азии в будущем.

В связи с изложенным возникает вопрос о путях дальнейшего развития орошаемого земледелия в Средней Азии, что будет зависеть от возможностей пополнения бассейна Аральского моря водными ресурсами из других рек. Ближайшим районом с избыточными ресурсами воды является Западная Сибирь, которая в далекие времена, возможно, имела водную связь с бассейном Аральского моря через сохранившуюся Тургайскую долину.

Западная Сибирь обладает огромными водными ресурсами, которые не могут быть исчерпаны на собственной территории не только в пределах рассматриваемой перспективы, но и в более отдаленный период. Расчеты показывают, что при этом водные ресурсы Западной Сибири будут использованы в размере не более 10%. Это положение позволяет рассматривать водные ресурсы Западной Сибири как источник покрытия в дальнейшем намечающегося дефицита в бассейне Аральского моря.

Однако переброска стока Оби в бассейн Аральского моря является весьма сложной задачей в техническом отношении и совершенно не изученной в отношении экономической целесообразности.

Необходимо также всесторонне изучить влияние переброски стока сибирских рек на природные условия.

* * *

*

Анализ водохозяйственных балансов по бассейнам основных рек показывает, что в будущем в бассейнах Волги, Днепра, Дона, Кубани, Урала, Сырдарьи и Амударьи в маловодные годы ожидается дефицит водных ресурсов, покрытие которого потребует проведения дорогостоящих мероприятий, включая регулирование и перераспределение стока.

При ограниченности ресурсов пресной воды, особенно в южных районах страны, и наличии практически неограниченных ресурсов подземных и морских соленых вод в обозримой перспективе большое значение в водообеспечении отраслей народного хозяйства может иметь опреснение соленых и солоноватых вод. Поэтому решению этой задачи должно быть уделено большое внимание.

3-4

Крупные водохозяйственные проблемы

Перспективное водообеспечение народного хозяйства СССР связано не только с выполнением многочисленных водохозяйственных мероприятий в отдельных районах и речных бассейнах, но и с решением крупных проблем, затрагивающих интересы обширных территорий страны. К таким проблемам относятся: территориальное перераспределение водных ресурсов, охрана водисточников от загрязнения и истощения и использование соленых и солоноватых вод путем обессоливания.

Проблема территориального перераспределения водных ресурсов

Перераспределение водных ресурсов по территории страны является необходимым мероприятием, вызванным индустриальным и сельскохозяйственным развитием страны. Уже в довоенные годы были построены такие крупные объекты по перераспределению речного стока, как каналы имени Москвы и Большой Ферганский, ирригационные каналы на Северном Кавказе, в Закавказье и в Средней Азии. К настоящему времени многочисленными водопроводными, ирригационными и комплексными каналами перераспределяется по территории страны свыше 20 км^3 речного стока.

В будущем масштабы территориального перераспределения водных ресурсов значительно возрастут. Это объясняется главным образом дальнейшим развитием народного хозяйства в зоне с ограниченными водными ресурсами (центр Европейской части Союза, юг Украины и Молдавии, Северный Кавказ и Закавказье, Волго-Уральское междуречье, большая часть территории Казахстана, Средняя Азия).

Суммарная перспективная потребность в безвозвратном заборе воды из речных систем этой зоны (с учетом поддержания оптимальных гидрологических и гидрохимических условий в Каспийском, Азовском и Аральском морях) оценивается в $450\text{—}500 \text{ км}^3$ при среднем многолетнем стоке рек около 600 км^3 в год. Если учесть условность сопоставления водопотребления и вод-

ных ресурсов в суммарных объемах для столь обширной территории, а также реальную возможность использования речного стока даже при высокой степени регулирования, не превышающую 85—90 % средней многолетней величины его, то станет очевидным, что покрытие перспективного роста водопотребления в этой зоне не может быть обеспечено собственными ресурсами; потребуется привлечение стока из других районов страны, располагающих избыточными водными ресурсами.

Сопоставление потребностей в воде с располагаемыми водными ресурсами по отдельным речным бассейнам и по бассейнам Каспийского, Азовского и Аральского морей показывает, что территориальное перераспределение водных ресурсов, выполняемое наряду с подачей воды в районы водопотребления по водопроводным и ирригационным каналам, должно идти по следующим основным направлениям:

- перевоска стока северных и северо-западных рек европейской части Союза в бассейны Каспийского и Азовского морей;

- перевоска стока северо-западных и западных рек (включая Дунай) в бассейн Днепра и в южные районы Молдавии и Украины;

- перевоска стока сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию (в бассейн Аральского моря).

В качестве источников пополнения водных ресурсов бассейнов Каспийского и Азовского морей и бассейна Днепра рассматриваются многоводные реки северного склона европейской части Союза — Печора, Северная Двина, Онега, реки бассейнов озер Ильмена, Ладожского и Онежского. Средний многолетний сток рек северного склона европейской части страны составляет около 500 км³. Потребность же в водных ресурсах этого района (с учетом необходимых санитарных и рыбохозяйственных выпусков) по ориентировочной оценке в обозримой перспективе не превысит 50 км³.

Источником перспективного водообеспечения дальнейшего развития народного хозяйства в Средней Азии будут реки Обь и Енисей.

Перевоска части стока северных рек в бассейны Каспийского и Азовского морей является одним из первоочередных мероприятий по решению проблемы дальнейшего развития народного хозяйства, сложившегося на базе этих морей (рис. 3-3).

Основное содержание проблемы Каспийского и Азовского морей — поддержание оптимальных для народного хозяйства водного, солевого и гидробиологического режимов их в условиях продолжающегося снижения притока речных вод в результате растущих безвозвратных изъятий стока Волги, Урала, Терека, Куры, Дона, Кубани и других рек в интересах развития народного хозяйства в их бассейнах.

Отрасли народного хозяйства и в первую очередь рыбное хозяйство Каспийского и Азовского морей тесно связаны с гид-

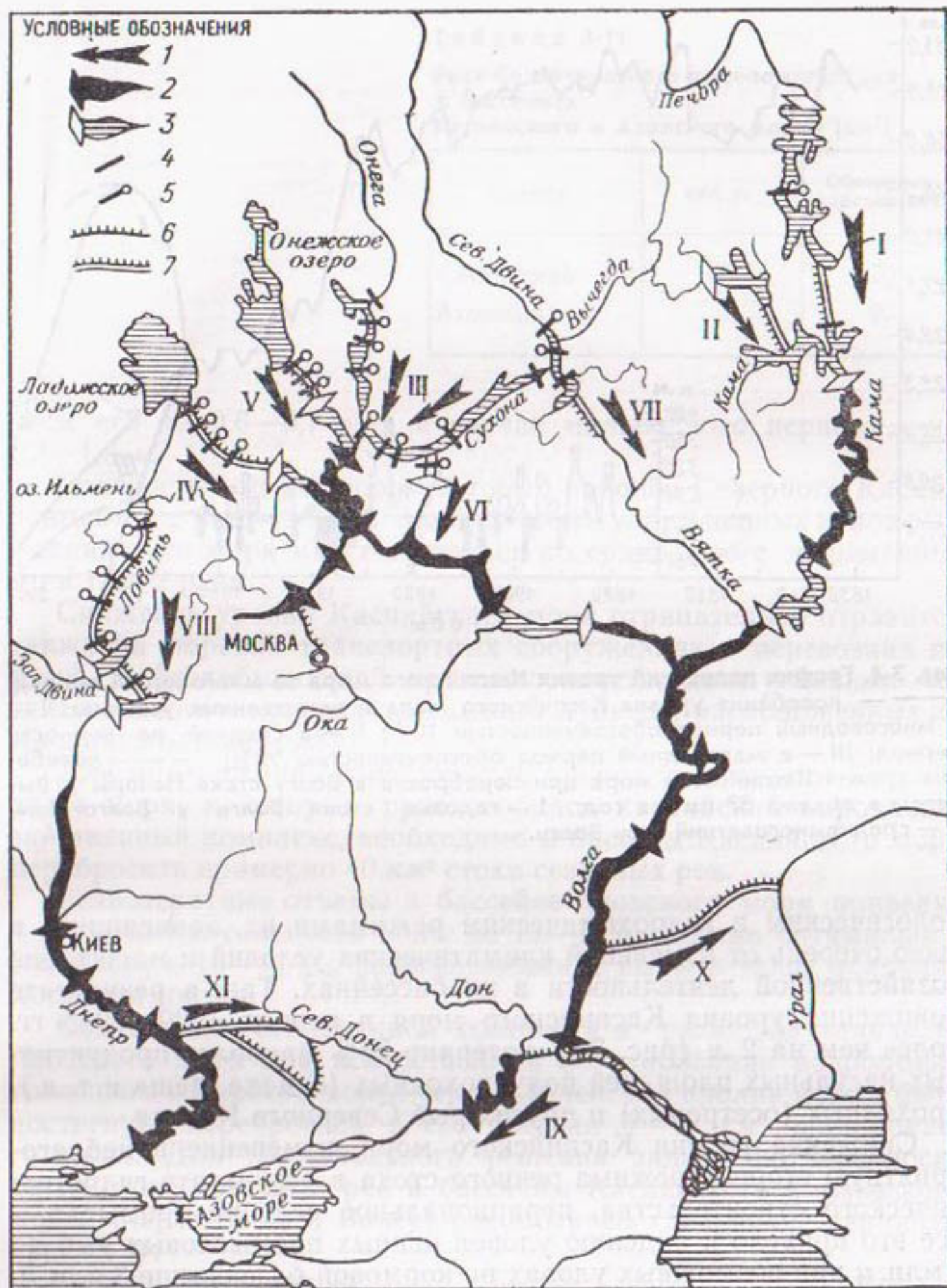


Рис. 3-3. Схема перебросок части стока северных рек на юг. Варианты перебросок и объемы перебрасываемого стока [км]³.

I — Печорско-Камский — 31,3; II — Вычегодо-Камский — 5,4; III — Кубенско-Шекснинский — 21,4; IV — Ладужско-Волжский — 18,8; V — Онежско-Волжский — 18,0; VI — Сухонско-Костромской — 21,0; VII — Южно-Вятский — 21,0; VIII — Ловать—Днепр — 9,3; IX — Волга—Дон — 5—10; X — Волга—Урал — 1 очередь — 3; 2 очередь — 9—12; XI — Днепр—Донбасс — 2,6.

1 — направление перебросок; 2 — существующие ГЭС; 3 — проектируемые ГЭС; 4 — гидроузлы; 5 — гидроузлы с насосными станциями; 6 — существующие каналы; 7 — проектируемые каналы.

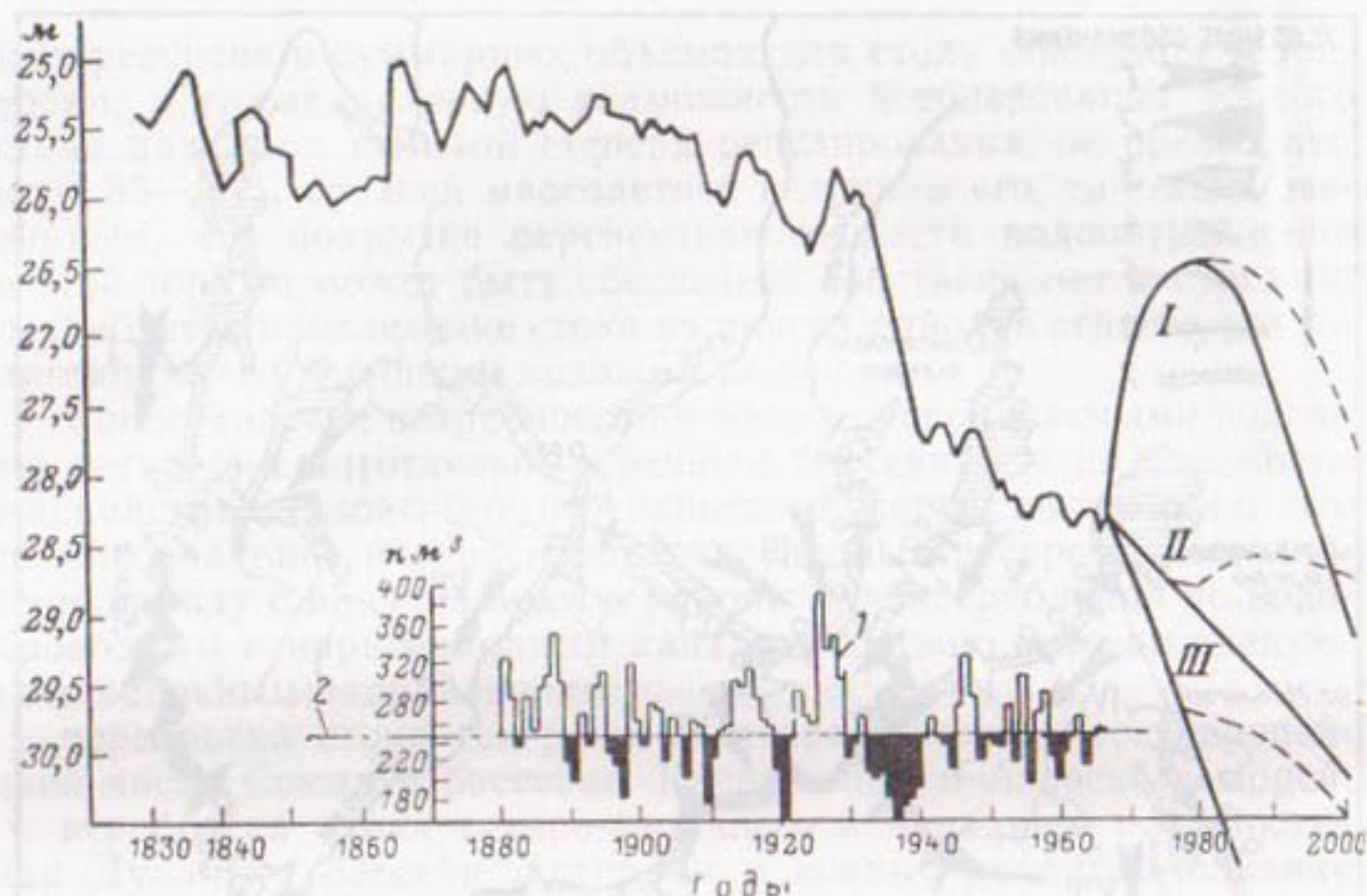


Рис. 3-4. График колебаний уровня Каспийского моря за многолетний период. — колебания уровня Каспийского моря в естественных условиях: I — в многоводный период обеспеченностью 10%; II — в средний по водности период; III — в маловодный период обеспеченностью 90%; — — — колебания уровня Каспийского моря при переброске в Волгу стока Печоры и Вычегды в объеме 37 км^3 в год; 1 — годовые стоки Волги у Волгограда; 2 — среднемноголетний сток Волги.

рологическим и гидрохимическим режимами их, зависящими в свою очередь от изменений климатических условий и масштабов хозяйственной деятельности в их бассейнах. Так, в результате понижения уровня Каспийского моря в период 1929—1945 гг. более чем на 2 м (рис. 3-4) потеряно 26% наиболее продуктивных нагульных площадей полупроходных (судака, леща и т. д.), проходных (осетровых) и других рыб Северного Каспия.

Снижение уровня Каспийского моря, изменение в неблагоприятную сторону режима речного стока в результате гидротехнического строительства, нерациональное ведение промысла — все это привело к падению уловов ценных промысловых рыб до 1 млн. ц при возможных уловах по кормовой базе свыше 3 млн. ц. Те же причины по Азовскому морю (за исключением уровня, который остается практически неизменным) снизили уловы ценных рыб с 0,8—1,0 млн. ц до 170—200 тыс. ц.

Дальнейшее развитие народного хозяйства приведет к значительному увеличению безвозвратных отъемов воды в бассейнах Каспийского и Азовского морей (табл. 3-11).

В результате уровень Каспия в средних гидрологических условиях может снизиться по сравнению с современным положением.

Таблица 3-11

Рост безвозвратного водопотребления
в бассейнах
Каспийского и Азовского морей (км^3)

Бассейн	1965 г.	Обозримая перспектива
Каспийский	30	70
Азовский	7	20

нием его на 0,6—0,7 м, а в случае маловодного периода — на 1,2—1,5 м.

Соленость вод рыбопромысловых районов Северного Каспия повысится с 8 до 12‰. В этих условиях уловы ценных видов рыб Каспийского моря могут снизиться по сравнению с современными в 1,5—2 раза.

Снижение уровня Каспийского моря отрицательно отразится также на морских транспортных сооружениях и перевозках по морю, нефтедобывающей промышленности, коммунальном хозяйстве многочисленных населенных пунктов, расположенных на Каспийском побережье.

Для поддержания современного уровня и солености Каспийского моря, к которым приспособился каспийский народнохозяйственный комплекс, необходимо в бассейн Каспийского моря перебросить примерно 40 км^3 стока северных рек.

Безвозвратные отъемы в бассейне Азовского моря приведут к повышению солености воды до 13—14‰ против оптимальной солености в 10—11‰. Ценные азовские рыбы в таких условиях могут погибнуть.

Сохранение современной солености и рыбопродуктивности Азовского моря при искусственном регулировании водообмена Азовского и Черного морей через Керченский пролив может быть достигнуто переброской в его бассейн 5—10 км^3 постороннего стока. Для рационального решения задачи по переброске части стока северных рек в бассейны Каспийского и Азовского морей (через Каму и Волгу) рассмотрены следующие варианты (рис. 3-3):

- I. Печорско-Камский.
- II. Вычегодо-Камский.
- III. Кубенско-Шекснинский.
- IV. Ладожско-Волжский.
- V. Онежско-Волжский.
- VI. Сухонско-Костромской.
- VII. Южно-Вятский.

Наиболее обоснованным по глубине и детальности проработок является вариант переброски в бассейн Каспийского моря

Таблица 3-12

Ориентировочные объемные и стоимостные показатели по различным вариантам переброски части стока северных рек в бассейн Каспийского моря

Варианты перебросок	Объем переброски стока, км³	Земляные работы, млн. м³	Бетонные и железобетонные работы, тыс. м³	Затопления, тыс. га		Капитальные вложения, млн. руб. (по данным на 1. I. 1969 г.)	
				общие	в том числе сельскохозяйственных угодий	суммарные	удельные на 1 км³
I. Печорско-Камский							
1 очередь	13,1	81,4	490	463,5	5,4	417	32
2 очередь	18,2	85,2	700	292	7,6	368	20
Итого	31,3	166,6	1 190	755,5	13	785	25
II. Вычегдо-Камский	5,4	106,2	120	279	20,6	210	39
Всего	36,7	272,8	1 310	1034,5	33,6	995	27
III. Кубенско-Шекснинский при подвариантах:							
1. Из оз. Кубенского	2,6	16,2	190	24	5,2	53	20
2. Из озер Кубенского, Лача, Воже	5,6	35,6	315	37,3	6,9	134	24
3. Из озер Кубенского, Лача, Воже и из р. Онеги	8,6	68,9	571	167,6	18,7	366	42
4. Из оз. Кубенского, Сухоны и притоков Вычегды (самотечный вариант)	21,4	451,4	1 460	626,4	192,6	1 346	63
IV. Ладожско-Волжский							
1 подвариант	10,8	24,2	959	22,6	5,8	628	58
2 подвариант	18,8	35,9	1 567	22,6	5,8	996	53
V. Онежско-Волжский							
1 подвариант	1,5	7,6	332	—	—	78	52
2 подвариант	5,0	74,4	860	—	—	174	55
3 подвариант	18,0	350,3	1 030	9 440	650	967	54
VI. Сухонско - Костромской при подвариантах:							
1. Из р. Сухоны	6,0	73,2	860	46,4	14,0	315	52
2. Из рек Сухоны, Ваги, Устья	10	134,8	1 215	122,1	34,3	648	65
3. Из рек Сухоны, Ваги, Устья, Локчимы и Юга	21	268,0	2 350	—	—	1 347	64

Варианты перебросок	Объем переброски стока, км ³	Земляные работы, млн. м ³	Бетонные и железобетонные работы, тыс. м ³	Затопления, тыс. га		Капитальные вложения, млн. руб. (по данным на 1. I. 1969 г.)	
				общие	в том числе сельскохозяйственных угодий	суммарные	удельные на 1 км ³
VII. Южно-Вятский при подвариантах:							
1. Из рек Локчим, Сысола Луза и Юг в Молому (насосный вариант)	11	116,9	1 364	214	76	747	63
2. Малые водохранилища с забором из Усть-Курьи в Молому	21	135,3	3 711	255	87	1 432	68

стока Печоры (через Каму) в объеме 31,3 км³ (табл. 3-12). Разработка этого варианта находится в стадии проектного задания. Другие варианты выполнены на стадии технико-экономического доклада.

Сопоставление полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Из всех рассмотренных вариантов наименьшие удельные капитальные вложения потребуются для варианта переброски части стока по так называемому «восточному» направлению из Печоры.

2. Из всех «западных» направлений наиболее экономичным, сопоставимым по затратам с «восточным» направлением, является Кубенско-Шекснинский вариант, по которому возможно перебросить сток из оз. Кубенского в объеме 2,6 км³ и сток из озер Воже и Лача в объеме 3,0 км³, а суммарно — 5,6 км³.

3. Переброска по всем остальным вариантам потребует значительно больших капитальных вложений: от 40 до 70 млн. руб. за 1 км³ перебрасываемого стока, а с учетом возможного удорожания при более детальном проектировании эти затраты возрастут на 30—40% и окажутся больше, чем по «восточному» направлению, в 2—4 раза.

4. В «восточном» направлении переброска из Вычегды в объеме 5,4 км³ в год является менее экономичной, чем из Печоры, и несколько дороже, чем переброска 5,6 км³ по Кубенско-Шекснинскому направлению. Поэтому целесообразно вслед за 1 очередью переброски стока из Печоры начать переброску стока из бассейна Сухоны и Онеги в объеме 5,6 км³.

Ниже приводится краткое описание основных сооружений, которые должны быть построены для осуществления переброски стока из Печоры, Вычегды, Сухоны и Онеги.

Переброска части стока северных рек в Волгу по «восточному» направлению. Разработанная техническая схема предусматривает осуществление переброски стока в размере $36,7 \text{ км}^3$ из бассейнов Печоры и Вычегды в три этапа:

I и II этапы — переброска стока Печоры в объеме $31,3 \text{ км}^3$;

III этап — переброска стока Вычегды в объеме $5,4 \text{ км}^3$.

Для переброски стока Печоры должны быть построены Покчинский и Усть-Войский гидроузлы на Печоре, Бобынский — на р. Колве и соединительный Печоро-Колвинский канал.

В первую очередь предусматривается строительство на Печоре Покчинского гидроузла и Бобынского гидроузла-регулятора на р. Колве. Создаваемые водохранилища объединяются в общее Печоро-Колвинское водохранилище открытым каналом. Таким образом, из общего стока Печоры в створе Покчинского гидроузла в объеме $16,7 \text{ км}^3$ часть стока ($13,1 \text{ км}^3$) самотечно может быть переброшена через Колву—Вишеру—Каму в бассейн Волги.

Покчинский гидроузел с напором 41 м состоит из земляной плотины длиной 9,5 км, донного водосброса пропускной способностью $200 \text{ м}^3/\text{сек}$ и насосной станции производительностью $720 \text{ м}^3/\text{сек}$ (насосная станция мощностью 300 Мвт с годовым расходом электроэнергии на перекачку воды 1,76 млрд. квт·ч, возводится во II очередь).

В состав сооружений Бобынского гидроузла входят: земляная плотина длиной около 300 м и высотой 17 м, бетонная плотина пропускной способностью $3000 \text{ м}^3/\text{час}$ и судоходный шлюз с габаритами $270 \times 18 \times 4 \text{ м}$.

Печоро-Колвинский канал состоит из двух участков: водораздельного от п. Якша до озера Чусовского длиной 65 км и речного от оз. Чусовского до р. Колвы длиной 52 км. Расчетный расход воды по каналу равен $2100 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Стоимость строительства I очереди переброски составит 417 млн. руб.

Для осуществления второй очереди переброски предусматривается строительство Усть-Войского гидроузла на р. Печоре с напором 45 м и насосной станции при Покчинском гидроузле.

Усть-Войский гидроузел включает земляную плотину длиной 10,3 км, донный и паводковый водосбросы, пропускной способностью соответственно 300 и $1300 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Насосная станция при Покчинском гидроузле предназначена для перекачки $15,3 \text{ км}^3$ из общего стока Усть-Войского водохранилища $17,6 \text{ км}^3$. С учетом прекращения питания р. Печоры из Покчинского водохранилища общий объем переброски увеличится до $31,3 \text{ км}^3$ в год.

Стоимость строительства II очереди переброски составит 368 млн. руб.

В третьей очереди предусматривается подключение к переброске стока р. Вычегды в объеме $5,4 \text{ км}^3$ путем строительства Усть-Куломского гидроузла на р. Вычегде и открытого Вычегодско-Камского канала по долинам рек Северной и Южной Кельтмы. По завершении III очереди общий объем переброски будет достигать $36,7 \text{ км}^3$.

При осуществлении переброски печорского стока целесообразно приступить к строительству последней ступени Камского каскада — Верхне-Камской ГЭС. Строительство Верхне-Камской ГЭС по проекту должно предварять осуществление III очереди переброски, в которой эта гидроэлектростанция будет являться объектом, замыкающим создаваемое Вычегодско-Камское водохранилище в бассейне Волги.

Осуществление переброски стока окажет многостороннее влияние на развитие различных отраслей народного хозяйства экономических районов Центра, Поволжья, Урала, Коми АССР и Прикаспия. Переброска стока Печоры и Вычегды увеличит водные ресурсы Камы и Волги почти на 37 км^3 в год, что позволит удовлетворить потребности в воде сельского хозяйства, промышленности и населения, не нарушая интересов рыбного хозяйства, энергетики и водного транспорта.

При осуществлении переброски стока будет получено на существующих и строящихся гидроэлектростанциях Волжско-Камского каскада около 10 млрд. *квт·ч* дешевой электроэнергии, что соответствует экономии 4,5 млн. *т* донецкого угля в год. При этом в первую очередь при переброске $13,1 \text{ км}^3$ эффект составит 4,4 млрд. *квт·ч*, а экономия угля — 1,9 млн. *т* в год. Эта экономия топлива будет иметь место в районах с острodeфицитным топливным балансом.

При переброске стока будет обеспечено полноценное использование мощности гидроэлектростанций Волжско-Камского каскада и получен дополнительный эффект за счет увеличения использования мощности гидроэлектростанций в летний период (включая Верхне-Камскую ГЭС) — свыше 1 млн. *квт*. При этом улучшаются энергоэкономические показатели пиковой Переволоцкой ГЭС на Волге.

Увеличение водных ресурсов в Волго-Каспийском бассейне позволит предотвратить дальнейшее падение уровня Каспийского моря и стабилизировать его на отметках, удовлетворяющих в комплексе рыбное хозяйство, морской транспорт и отрасли народного хозяйства прибрежной зоны Каспийского моря.

Переброска стока окажет существенное влияние на улучшение качества воды, особенно в Каме. Созданные водохранилища и каналы свяжут между собой бассейны Печоры, Камы и Волги, что позволит осуществить транзитные перевозки коксующегося угля, леса и прочих грузов в южные и центральные районы.

При наличии водохранилищ создаются благоприятные условия для лесодобычи и лесопереработки в районах Коми АССР и Пермской области. На Покчинском водохранилище в г. Троицко-Печорске создается возможность разместить крупный целлюлозно-бумажный комбинат.

При оценке экономической эффективности переброски стока учтен только непосредственный эффект, поддающийся количественной оценке.

Капиталовложения в комплекс объектов по переброске стока I и II очереди составят около 1,0 млрд. руб. с ежегодными издержками 14 млн. руб. Сопутствующие затраты в лесозаготовительную промышленность, водотранспортное строительство, рыбохозяйственные мероприятия и другие составят около 600 млн. руб. с ежегодными издержками около 150 млн. руб.

Окупаемость затрат на переброску стока с учетом оплаты 5% в год за время омертвления затрат определяется сроком около 6 лет, что характеризует намеченные мероприятия как достаточно эффективные.

Переброска части стока северных рек в Волгу по «западному» направлению. Как указано выше, наиболее экономичным из «западных» направлений является Кубенско-Шекснинский вариант.

Объем переброски составляет $8,6 \text{ км}^3$ в год, в том числе из оз. Кубенского (бассейн р. Сухоны) — $2,6 \text{ км}^3$ и из озер Лача, Воже и р. Онеги — $5,6 \text{ км}^3$.

Для переброски стока из оз. Кубенского в Шекснинское водохранилище наиболее эффективен «самотечный» вариант с одновременным использованием Кубенско-Шекснинского канала для судоходства. Однако с учетом переброски стока озер Лача и Воже следует рассматривать как основной насосный вариант с наличием регулирующего сооружения. В состав гидротехнических сооружений входят Верхне-Сухонский гидроузел, Порозовицкая насосная станция, Кубенско-Шекснинский канал и Славянковский регулятор.

Верхне-Сухонский гидроузел располагается в 400 м ниже существующей плотины Знаменитой на оз. Кубенском и имеет в своем составе земляную и водосливную плотины, насосную станцию, судоходный шлюз, а также заградительные дамбы на водоразделе между бассейнами р. Кубены, впадающей в оз. Кубенское, и р. Власовки, впадающей в р. Сухону ниже створа гидроузла. Водосливная плотина рассчитана на пропуск расхода 0,5% обеспеченности — $1\,500 \text{ м}^3/\text{сек}$. Судоходные сооружения состоят из шлюза с полезными габаритами камеры $150 \times 15 \text{ м}$.

Передача зарегулированного стока через Кубенско-Шекснинский канал осуществляется Порозовицкой насосной станцией, створ которой предварительно намечен в конце разлива Кубенского озера, несколько выше впадения р. Суслы в р. Порозовицу. Насосная станция запроектирована по типу Череповецкой ГЭС

с горизонтальными (капсульными) агрегатами, работающими в насосном режиме. В состав Порозовицкого гидроузла кроме насосной станции входят земляная плотина и судоходный шлюз.

Кубенско-Шекснинский канал на всем протяжении принят одинакового сечения с шириной по дну 10 м для пропуска расходов 200 м³/сек и более в зависимости от расчетной пропускной способности. Подача воды из Шекснинского водохранилища будет происходить через Славянковский регулятор в истоке р. Славянки, представляющий собой бетонный водослив доковой конструкции с широким порогом. Отверстия регулятора перекрываются плоскими затворами.

Переброска стока озер Лача и Воже из бассейна р. Онеги намечается по трассе: оз. Лача — р. Свидь — оз. Воже — р. Мадюна — р. Перешная — оз. Перешное — водораздельный канал — р. Сусла — оз. Кубенское.

В состав гидротехнических сооружений входят Каргопольский гидроузел на Онеге, насосные станции для подъема воды из озер Лача и Воже, Воже — Кубенский канал и Суслинская ГЭС на южном конце этого канала.

Дальнейшая подача стока идет совместно со стоком оз. Кубенского при соответственно увеличенных параметрах Кубенско-Шекснинского канала и Славянковского регулятора.

Створ Каргопольского гидроузла принят выше г. Каргополя в 6 км от истока р. Онеги из оз. Лача. В состав сооружений входят земляная плотина и бетонный водосброс.

Для подъема воды из оз. Лача в оз. Воже на р. Свиди предусматриваются две насосные станции: Нижне-Свидьская, расположенная в 5 км от оз. Лача, и Верхне-Свидьская, замыкающая водохранилище на оз. Воже с севера. В состав сооружений насосных станций входят также земляные плотины и бетонные водосбросы. Насосные станции проектируются по типу Череповецкой ГЭС с горизонтальными капсульными агрегатами. На каждой насосной станции устанавливается по два агрегата с диаметром рабочих колес 4 м.

Для подъема зарегулированного стока на уровень воды в водораздельном Воже-Кубенском канале намечается строительство Перешинской насосной станции в устье р. Перешной.

Воже-Кубенский канал проходит через водораздел между р. Перешной и р. Сулой. Для энергетического использования перебрасываемого стока на перепаде высот от Воже-Кубенского канала до верхнего бьефа Порозовицкой насосной станции (напор около 10 м) предусматривается строительство Суслинской ГЭС, в состав сооружений которой входят земляная плотина и ГЭС по типу Череповецкой с двумя агрегатами диаметром рабочего колеса 3,5 м.

При последующем увеличении объема переброски путем подключения стока верхнего течения р. Онеги проектируется дополнительно Коневский гидроузел, а вместо Каргопольского гидро-

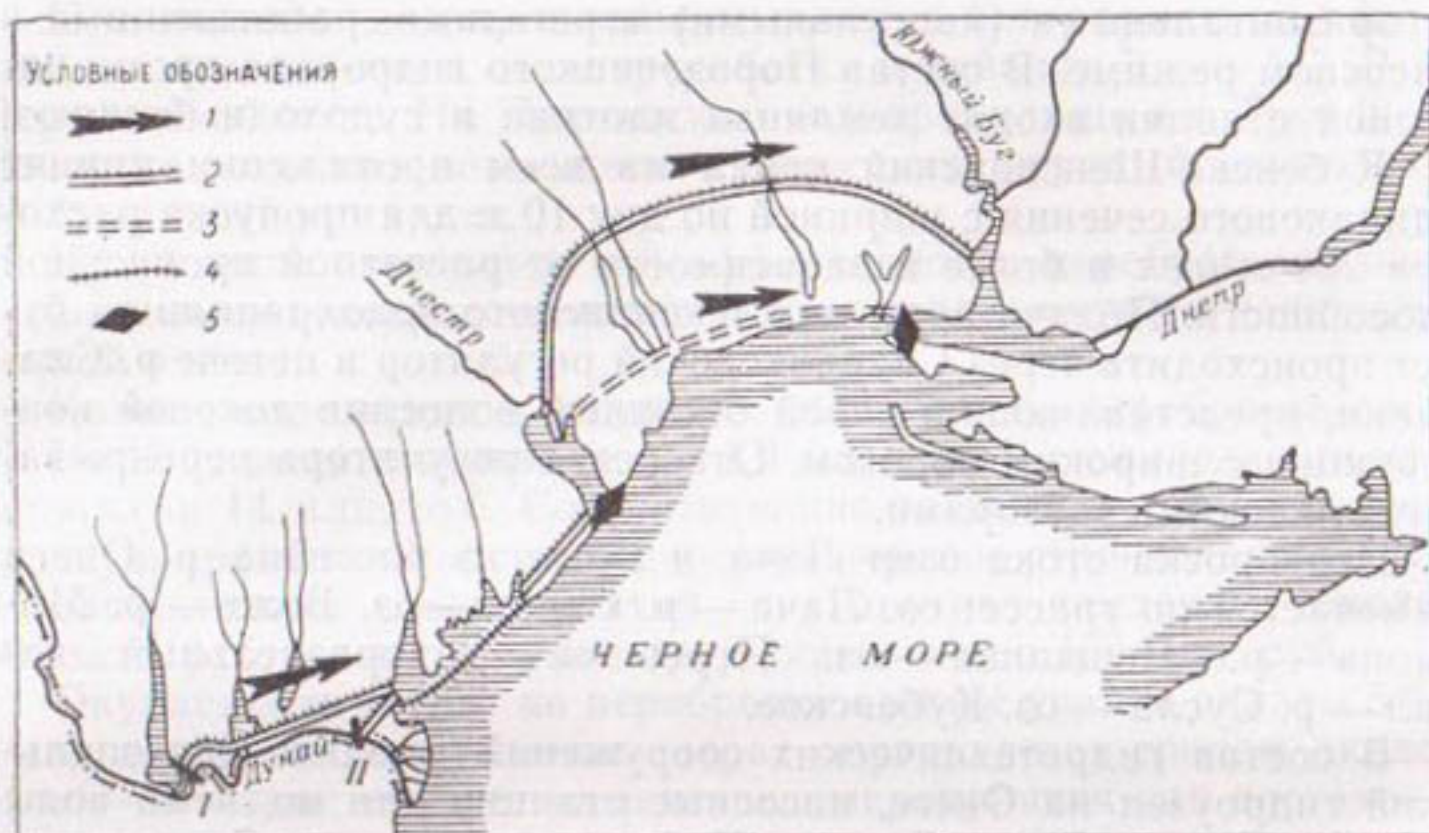


Рис. 3-5. Схема переброски части стока Дуная на юг Украины.

I — водозабор в створе Измаил—Тульча; II — водозабор в створе Вилково—Иванча Нова.

1 — направление переброски; 2 — проектируемый канал; 3 — туннельный вариант трассы переброски; 4 — оградительные дамбы; 5 — регулирующие сооружения.

узла — насосные станции при Кудринском и Москвинском гидроузлах. Дальнейшая передача стока р. Онеги будет происходить совместно со стоком озер Лача, Воже и Кубенское с соответствующим изменением параметров сооружений по трассе переброски.

Створ плотины Коневского гидроузла намечен несколько ниже устья р. Коны. В состав сооружений гидроузла входят: земляная плотина, гидроэлектростанция руслового типа и бетонный водосброс.

В состав сооружений Кудринской и Москвинской насосных станций входят земляные плотины, насосные станции (по типу Череповецкой ГЭС), рассчитанные на расход $195 \text{ м}^3/\text{сек}$ и бетонные водосбросы. Для защиты г. Каргополя от затопления Москвинским водохранилищем предусматривается обводной канал и защитные дамбы.

Переброска стока в бассейн Днестра. В настоящее время водопотребление на территории Украины и Молдавии ориентировочно оцениваются в объеме около 25 км^3 , в том числе безвозвратное водопотребление составляет 10 км^3 . В результате развития орошаемого земледелия (до 3,0—3,3 млн. га против современных 400 тыс. га) и других отраслей народного хозяйства безвозвратное водопотребление может возрасти в перспективе в

3—4 раза и водные ресурсы этого района будут использованы полностью.

Необходимость привлечения в бассейн Днепра дополнительных водных ресурсов очевидна, однако исследований и проектных работ по этой проблеме не производится. По предварительным проработкам пополнение водных ресурсов юга Украины и Молдавии возможно с севера — из бассейна Ловати и с юго-запада — из Дуная (рис. 3-3 и 3-5).

Переброска стока Ловати в бассейн Днепра ограничена маловодностью реки. Кроме того, в верховьях Ловати устройство емких водохранилищ затруднено по топографическим и народнохозяйственным условиям из-за больших затоплений. Стоимость переброски стока Ловати в бассейн Днепра связана также с преодолением довольно высокого водораздела и потребует значительных капитальных затрат.

Схема переброски предусматривает насосную перекачку части стока из оз. Ильмень в бассейн Днепра по трассе Ловать, Усвяча, Западная Двина, Лучеса в объеме $9,3 \text{ км}^3$ в год.

На Ловати намечается строительство насосных станций, поднимающих воду на 130 м. Из водохранилища по водораздельному каналу длиной 7,4 км вода направляется в оз. Усвячское, из которого берет начало р. Усвяча — приток Западной Двины. На р. Усвяче намечается строительство гидроузла, замыкающего водораздельный бьеф с южного склона.

Перебрасываемый сток попадает в р. Западную Двину выше г. Витебска и по ней — в водохранилище Полоцкой ГЭС, подпор от которой распространяется до г. Витебска. Забор воды из Полоцкого водохранилища намечается по трассе: р. Лучеса — р. Сорокоротенка — оз. Девинское — оз. Орехи — р. Оршица — р. Днепр. Подъем воды по р. Лучесе составит 37 м и будет осуществлен четырьмя насосными станциями. От оз. Девинское до оз. Орехи пройдет второй водораздельный канал длиной 9,5 км. На р. Оршице намечается строительство гидроузла, замыкающего водораздел на южном склоне.

Величина перебрасываемого стока из бассейна оз. Ильмень в размере $9,3 \text{ км}^3$ составляет более половины годового стока Волховской ГЭС, которая сможет работать лишь в период половодья. С другой стороны произойдет увеличение выработки на Днепровских ГЭС на 1,5 млрд. кВт·ч в год и на проектируемой Витебской ГЭС.

Отрицательным явлением переброски будет перевод части пойменных сельскохозяйственных земель в бассейнах Западной Двины и Днепра из зоны временного затопления в зону постоянного затопления.

Уменьшение водности Ладожского озера повлечет понижение его уровня примерно на 40 см и может вызвать ухудшение общего санитарного состояния р. Невы и Невской губы, что требует тщательного изучения.

Строительство гидроузлов для переброски стока оз. Ильмень в Днепр находится в благоприятных транспортно-хозяйственных условиях. Район строительства обеспечен всеми необходимыми ресурсами и рабочей силой.

Основные показатели варианта переброски части стока оз. Ильмень по трассе Ловать—Усвяча—Западная Двина—Лучеса — Днепр следующие:

Объем перебрасываемого стока, км ³ /год	9,3
Объем работ:	
земляных, млн. м ³	82,4
бетонных и железобетонных, тыс. м ³	1428
Затопление и подтопление, тыс. га	39,5
В том числе сельскохозяйственных угодий	18,8
Капиталовложения в строительство, млн. руб.	
всего	750
на 1 км ³ переброски стока	80,6

Переброска части стока из Дуная возможна в больших объемах, чем с севера, однако это должно быть согласовано с заинтересованными странами. Удельные затраты на переброску 1 км³ воды в Молдавию и Украину будут, по-видимому, значительно дороже, чем по северному варианту. Проблема переброски стока в Молдавию и на юг Украины не изучена и потребует значительного времени на ее разработку. По ориентировочной оценке водами Дуная можно оросить около 5 млн. га земель юга Украинской и Молдавской ССР.

По предварительным соображениям расположение водозабора из Дуная возможно в двух створах: Измаил—Тульча и Вильково — Иванча Нова.

Трасса канала для переброски стока может быть намечена вдоль левого берега Дуная, а далее вдоль берега моря. Первый участок от р. Дунай до оз. Сасык и далее до Днестровского лимана пройдет по приморским озерам и лиманам и может быть осуществлен самотечным каналом, но огражденным от моря дамбами. Наиболее сложный участок между Днестровским и Днепровским лиманами рассматривался в двух вариантах: каналом и туннелем. Для подъема воды здесь необходимо строительство насосных станций с напором 100 м — в варианте с каналом и 16 м — для туннельного варианта.

Расчетные расходы канала принимались в зависимости от расположения водозабора в следующих размерах: при водозаборе в Измаильском створе на участке Измаил — Днестровский лиман — 1 900 м³/сек, на участке Днестровский — Днепровский лиманы — 1 240 м³/сек; при водозаборе в Вилковском створе соответственно 1 100 и 720 м³/сек.

Для перераспределения перебрасываемого стока в соответствии с потребностями орошения необходима регулирующая емкость в размере 13,4 км³, создание которой предусматривается в приморских лиманах и озерах на участке от оз. Сасык до

Днестровского лимана включительно общей емкостью $5,2 \text{ км}^3$, в Днепровском лимане — $1,5 \text{ км}^3$, а также использование части Каховского водохранилища в объеме $6,7 \text{ км}^3$.

При водозаборе в Вилковском створе регулирующая емкость требуется в объеме $9,6 \text{ км}^3$ и распределяется следующим образом: в приморских емкостях и Днестровском лимане — $1,7 \text{ км}^3$, в Днепровском лимане — $1,5 \text{ км}^3$ и за счет использования Каховского водохранилища — $6,4 \text{ км}^3$.

Днепровский и Днестровский лиманы намечается оградить от моря дамбами с водосбросными сооружениями для пропуска паводков многоводных лет, а также сооружениями для свободной миграции рыб и судопропускными сооружениями.

Расчеты показали, что наименьшие капиталовложения потребуются в варианте забора воды из Дуная в створе Вилково при подаче воды от Днестровского до Днепровского лимана открытым каналом.

Суммарные капиталовложения определены в размере 3,1 млрд. руб., при этом стоимость наиболее сложного участка Днестровский — Днепровский лиманы составит 2,4 млрд. руб. Удельные капитальные затраты по переброске 1 км^3 стока Дуная составят около 100 млн. руб., что значительно больше, чем при переброске стока северных рек.

Переброска стока сибирских рек в Среднюю Азию связана с решением большой комплексной проблемы — обеспечения водными ресурсами развития отраслей народного хозяйства Средней Азии и Казахстана на отдаленную перспективу. Одновременно рассматривается возможность решения проблемы Аральского моря.

Имеющиеся в Средней Азии условия (плодородные земли, трудовые ресурсы, опыт орошаемого земледелия, развитие материально-технической базы и т. д.) позволят увеличить площадь орошаемых земель на 2,5—3,0 млн. га, на что потребуется $40—45 \text{ км}^3$ воды. Дальнейшее развитие орошения будет возможно только при условии переброски в район Средней Азии части стока сибирских рек — Оби и Енисея.

Переброска стока сибирских рек в Среднюю Азию открывает возможности и для обводнения маловодных районов Южного Казахстана, пригодный для орошения земельный фонд которого оценивается в 4—5 млн. га, а потребность в водных ресурсах для орошения этих земель — в $35—40 \text{ км}^3$ (рис. 3-6). Подача воды в этот район создаст также предпосылки для развития других отраслей водного хозяйства — водоснабжения населения, промышленности, теплоэнергетики, а также использования перебрасываемой воды гидроэнергетикой, водным транспортом и т. д.

Переброска стока сибирских рек в Среднюю Азию открывает возможности решения проблемы Аральского моря. Рассматривая проблему Аральского моря, необходимо иметь в виду, что

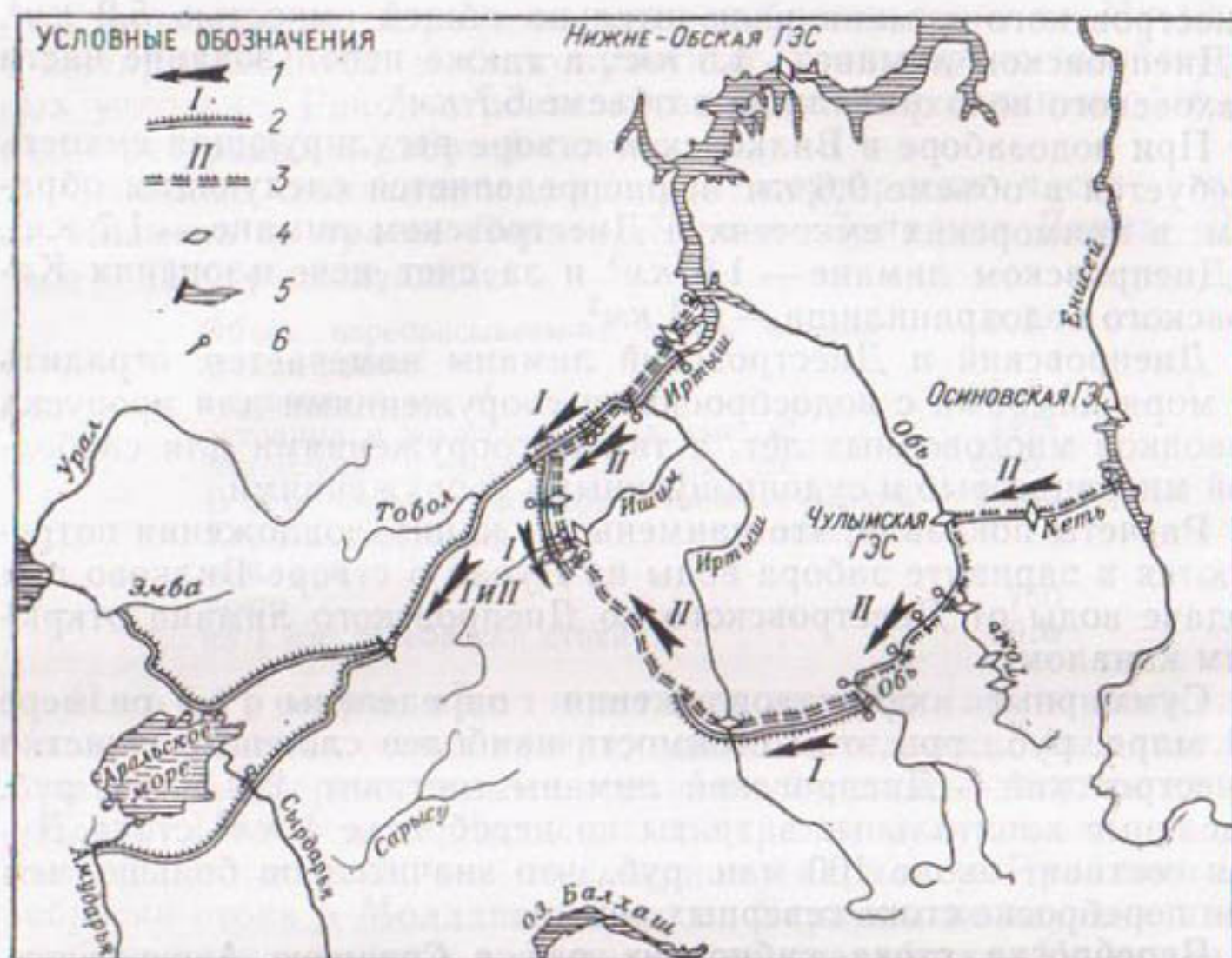


Рис. 3-6. Схема переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию.

1 — направление переброски; 2 — переброска стока из Оби при строительстве Нижне-Обской ГЭС; 3 — переброска стока из Оби и Енисея без Нижне-Обской ГЭС; 4 — гидроэлектростанции; 5 — водохранилища; 6 — гидроузлы с насосными станциями.

в настоящее время перспективное народнохозяйственное значение его еще не изучено. Недостаточно изучено также влияние Аральского моря на климатические условия прилегающих территорий и участие испаряющейся влаги с его акватории в общем влагообороте Приаралья.

Ниже дается краткое описание рассмотренных вариантов переброски стока Оби в Казахстан и Среднюю Азию.

Исследование водохозяйственных балансов показывает, что в бассейне р. Оби использование стока в отдаленной перспективе не превысит 20 км^3 в год. Свободный сток Оби составит примерно 390 км^3 . Полное использование свободного стока Оби возможно при регулировании его в нижней части бассейна Нижне-Обским водохранилищем с емкостью более 60 км^3 . Величина отъема может быть ограничена лишь экономической целесообразностью.

В Казахстане и республиках Средней Азии прогнозируется использовать на перебрасываемом стоке около 33 млн. га пригодных для орошения земель с поэтапным их освоением по мере

возникновения потребности. Первый этап освоения может составить около 8 млн. га (без учета орошения Кулунды). Для обеспечения таких темпов развития орошения необходимо будет на первом этапе обеспечить ежегодную подачу воды в объеме 50 км³ и довести в дальнейшем эту подачу до 190—200 км³.

Водозабор из Нижне-Обского водохранилища намечается осуществить в месте его выклинивания по Иртышу в районе с. Демьянского. Трасса переброски пройдет по Иртышу и нижнему течению Тобола, затем по правому берегу Тобола и через Тургайскую долину перейдет на юг к Сырдарье и на запад в сторону р. Эмбы. Протяженность основной трассы перебросного канала около 2 500 км.

Инженерно-геологические условия, в которых придется выполнять строительные работы по возведению сооружений и прокладке канала следующие: в пределах Западно-Сибирской низменности канал пройдет в песчано-глинистых отложениях с высоким положением уровня грунтовых вод, особенно в начальной части трассы, где в разрезе будут преобладать тонкозернистые водонасыщенные пески. В пределах Тургайского прогиба и на подходе к нему геологический разрез сложен в основном суглинками и глинами. Участок в районе дельты Сырдарьи пройдет в условиях полупустынного климата с широко развитыми глинами неогена и палеогена и тонкозернистыми песками. Ответвление канала в сторону р. Эмбы пройдет также в глинах и суглинках палеогена, а в конечной своей части — в глинах верхнего мела.

По принятой технической схеме переброски стока в район рек Сырдарьи и Амударьи вода может быть подана на отметки 80—90 м. На трассе предусмотрено пять насосных станций.

При назначении пропускной способности канала в целях уменьшения размеров его поперечного сечения подача воды принималась с учетом полной загрузки канала в летний и зимний периоды. Расчетные расходы воды определились: на первом этапе осуществления переброски для летнего периода — 2 100 м³/сек, зимнего — 1 100 м³/сек, а при полном перспективном объеме водоподачи летний расход равен 7 800 м³/сек, зимний — 4 300 м³/сек. Такое решение позволяет максимально уменьшить поперечное сечение канала. Для обеспечения подачи воды на орошаемые земли по графику поливов предусматривается его перерегулирование водохранилищами на оросительных системах.

Как видно из табл. 3-13, дополнительные удельные капиталовложения на 1 га орошаемой площади при полном осуществлении мероприятий по переброске стока составят 600—800 руб. При современной стоимости освоения земель под орошаемое земледелие в пределах 3 000 руб. за 1 га дополнительные затраты, связанные с межбассейновой переброской стока, в размере 20—30%, по-видимому, не будут играть решающей роли

Таблица 3-13

Основные (предварительные) технико-экономические показатели переброски стока сибирских рек в Среднюю Азию

Показатели	I этап осуществления мероприятий	Полное осуществление мероприятий
Орошаемые площади, млн. га	8	33
Объем водозабора, км ³	50	190
Мощность насосных станций, тыс. кВт	2 500	9 400
Потребляемая электроэнергия, млрд. кВт·ч	15	58
Объемы работ, млн. м ³ :		
земляных	6 800	20 000
бетонных	4	12
Капиталовложения, млрд. руб.	6	19
В том числе каналы	5	15
Удельные капиталовложения, руб/га	750	580
Себестоимость воды, коп/м ³	0,9	0,7
Срок строительства, лет	11	26
Удельные капиталовложения на 1 км ³ перебрасываемого стока, млн. руб.	120	100

при рассмотрении вопроса о целесообразности развития орошаемого земледелия в перспективных условиях.

При отсутствии Нижне-Обского водохранилища для обеспечения расчетной водоподачи в размере 190 км³ в год водозабор рассмотрен из нижней Оби, верхней Оби и Енисея.

С нижней Оби, по весьма ориентировочным соображениям, считается возможным путем устройства бесплотинного водозабора в районе г. Ханты-Мансийска забирать из реки в год расчетной обеспеченностью 75% примерно 50 км³ воды. Такая величина отъема может быть достигнута при условии, что в осенне-зимний период из реки забирается 40—50% стока.

Дальнейшее увеличение забора воды возможно из верхнего течения Оби (до створа Чулымского гидроузла), включая сток р. Кети. Водный баланс на этом участке реки складывается на отдаленную перспективу таким образом, что для переброски может быть использовано около 60—70 км³ в год, в зависимости от темпов развития промышленности в бассейне верхней Оби, энергетики и других отраслей хозяйства и роста их водопотребления.

Отъем стока в верхней Оби в указанном размере может быть обеспечен при сезонном регулировании. Для этого необходима полезная емкость водохранилищ около 45 км³, из которой около 5 км³ должно быть размещено в водохранилищах выше Каменского гидроузла (например, на Катунь — Аргутское и Еландинское), а остальная емкость 40 км³ — в водохранилищах на реках Томи, Чулыме и Кети и на Оби — в водохранилище Чулымского гидроузла.

Схемой подачи воды с верхней Оби предусматривается, что головной водозабор в перебросной канал устраивается при Каменском гидроузле, а из Чулымского водохранилища вода к головному водозабору будет подаваться вверх по течению системой насосных станций.

Кроме перечисленных выше гидроузлов, необходимых для сезонного регулирования стока, потребуется строительство еще двух гидроузлов на участке реки между Чулымским гидроузлом и Новосибирской ГЭС — Киреевского и Батурина, которые обеспечат сопряженные бьефы для насосной подкачки воды вверх по течению реки до Каменского гидроузла, а также необходимые судоходные глубины на этом участке реки. Насосные станции предусматриваются в составе всех гидроузлов на Оби, кроме Чулымского, а Новосибирская ГЭС должна быть перестроена и должна работать как насосная станция.

В результате осуществления водозабора с нижней Оби из района г. Ханты-Мансийска и с верхней Оби может быть изъято для переброски в Казахстан и Среднюю Азию примерно 110—120 км³ воды в год 75% обеспеченности.

Дальнейшее увеличение водоподачи на орошение до 190 км³ в год может быть достигнуто за счет переброски стока Енисея, из которого необходимо будет ежегодно забирать 70—80 км³ воды. Переброска может быть осуществлена из Осиновского водохранилища на Енисее в Чулымское водохранилище, из которого насосными станциями вода может быть подана в Каменский гидроузел и далее направлена в перебросной канал.

Стоимость Обь-Енисейского варианта при полном объеме водоподачи 190 км³ в год составит 33 млрд. руб. и превысит стоимость варианта переброски из Нижне-Обского водохранилища (Обского варианта) на 14 млрд. руб., а срок осуществления мероприятий по Обь-Енисейскому варианту будет на 13 лет больше.

Сопоставление Обь-Енисейского варианта с Обским вариантом в части преимуществ поэтапного его осуществления показывает следующее.

Стоимость сооружений для переброски 50 км³ стока (I очередь) из нижней Оби в Обь-Енисейском варианте на 0,9 млрд. руб. превышает стоимость сооружений по переброске того же объема воды из нижней Оби в варианте с Нижне-Обской ГЭС. Кроме того, срок строительства сооружений в Обь-Енисейском варианте на 1 год больше, чем в Обском.

При сопоставлении вариантов подача воды для орошения Кулундинской степи не учитывалась, поскольку проблема орошения Кулунды является самостоятельной и решается забором воды из водохранилища Каменского гидроузла на Оби без регулирования стока. При максимально возможном использовании стока Оби по Обь-Енисейскому варианту переброски дополнительная подача воды в объеме 60 км³ (сверх 50 км³, забираемых

из нижнего течения Оби) может быть осуществлена по новому тракту из верхнего бьефа Каменского гидроузла, при сезонном регулировании стока верхней Оби системой водохранилищ суммарной емкостью более 40 км³.

В Обском варианте увеличение водоподачи осуществляется за счет расширения перебросного канала, причем разница в стоимости в пользу этого варианта переброски увеличивается до 5 млрд. руб.

Из этого видно, что на всех этапах переброски Оби-Енисейский вариант значительно уступает в экономическом отношении (по стоимости отдельных этапов и срокам их строительства) Обскому варианту с осуществлением водозабора из Нижне-Обского водохранилища.

Кроме того, водозабор с верхней Оби окажет отрицательное влияние на развитие народного хозяйства в Западно-Сибирском экономическом районе.

Изъятие стока с верхней Оби, его регулирование и затопление земель водохранилищами в корне подорвут сельское хозяйство во всем среднем Приобье. На средней Оби сельскохозяйственное производство базируется главным образом на использовании пойменных заливных лугов для развития животноводства. Изъятие стока и его регулирование влечет за собой срезку уровней весенних половодий до таких размеров, что в маловодные и средние по водности годы луга не будут заливаться весенними половодьями и превратятся в суходолы и в результате потеряют свое значение как кормовая база для разведения и выращивания крупного рогатого скота.

Одновременно с этим Чулымским, Батуриным, Киреевским и другими водохранилищами будут затоплены большие площади лугов и пашни.

Осуществление указанных мероприятий приведет к нарушению в большом масштабе на участке от Каменского гидроузла до г. Сургута исторически сложившегося сельскохозяйственного производства, задачей которого является обеспечение картофеля, овощами, молоком, мясом населения развивающихся в среднем Приобье крупных промышленных районов.

Регулирование стока и срезка ежегодных половодий подорвут также рыбное хозяйство, поскольку в среднем течении Оби будут ликвидированы кормовая база и нерестилища, а изъятие зимнего стока усилит заморы на самой Оби и в Обской губе, что еще более усугубит отрицательное влияние на рыбное хозяйство намеченных по этому варианту мероприятий.

Следует отметить, что осуществление Оби-Енисейского варианта переброски вызывает и принципиальное возражение, заключающееся в том, что в будущем, в связи с развитием Западно-Сибирского экономического района, сосредоточенного главным образом в южной части Западной Сибири, свободный сток верхнего течения Оби будет использован на местное водо-

потребление и переброска должна будет базироваться в дальнейшем главным образом на стоке Енисея, возможность использования которого в настоящее время не обоснована.

Проблема обессоливания соленых и солоноватых вод

Некоторые районы Средней Азии, Центрального Казахстана, Кавказа, Южной Украины, Донбасса, юго-восточных районов РСФСР, обладая крупнейшими минерально-сырьевыми ресурсами, не имеют достаточных источников пресной воды. Ряд этих районов располагает запасами подземных вод с общей минерализацией от 1 до 35 г/л или находится в непосредственной близости к морским бассейнам.

Отсутствие пресной воды заставляет идти на большие затраты по ее подаче или подвозу в отдаленные районы.

Большая часть воды на земном шаре (97%) находится в морях и океанах и непосредственно не может быть использована из-за высокого содержания солей (35 г/л), в то время как для водоснабжения населения содержание солей в воде не должно превышать 1 г/л, а для промышленности и сельского хозяйства 2 г/л. Большие запасы соленой воды на земном шаре, и в частности, в СССР, расположенные в непосредственной близости от дефицитных по воде районов, уже давно привлекают внимание специалистов. В последнее десятилетие вопросу обессоливания и опреснения минерализованных вод уделяется большое внимание как в СССР, так и за границей.

Опреснение воды для водоснабжения применяется уже много лет. Однако широкому применению опресненной воды в практике водоснабжения препятствует пока еще очень высокая стоимость опреснения — она колеблется от 0,3 до 4,5 руб. за 1 м³ в зависимости от производительности установок и стоимости используемой энергии. Себестоимость пресной воды, подаваемой обычными коммунальными водопроводами, находится в пределах 0,02—0,08 руб. за 1 м³.

Создание экономичных методов опреснения воды является жизненно важной задачей для хозяйственного освоения богатейших по природным ресурсам засушливых районов Средней Азии, Ближнего и Среднего Востока.

В США в 1952 г. специальным актом Конгресса было организовано в составе Министерства внутренних дел Управление по опреснению соленых вод. На это Управление возложена организация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на создание экономичных опреснительных установок, строительство и эксплуатацию их для опреснения воды в крупных масштабах.

Во Франции создан комитет из представителей разных ведомств для организации работ по созданию промышленных опреснительных установок.

Показательным является рост средств, расходуемых в США в этой области: за 1953—1956 гг. — 1,6 млн. долл.; за 1957—1960 гг. — 6,3 млн. долл., а за 1962—1963 гг. — более 20 млн. долл. На период 1966—1970 гг. было выделено 180 млн. долл., которые используются Управлением для заключения контрактов.

По данным ЮНЕСКО, над решением проблемы опреснения соленых вод в настоящее время работает свыше 100 организаций в 15 странах мира.

Основным направлением научных и технических разработок является сооружение опреснительных установок большой производительности.

В разных районах мира действуют опреснительные установки сравнительно большой производительности для снабжения питьевой водой промышленных центров, расположенных на берегу морей. Однако применяемые методы обессоливания и опреснения соленой воды еще очень дороги и не имеют широкого применения.

В СССР имеется некоторый опыт использования опресненных вод, в частности, в Туркмении. До сего времени практикуется подвоз пресной воды в Красноводск из Баку по морю, а в отдельные пункты — самолетами. В особенно тяжелом положении по водоснабжению находятся районы Гасан-Кули, Кизил-Атрек на юго-западе, Бекдаш — в районе Кара-Богаз-Гола.

Себестоимость опресненной воды составляет 10,8 руб/м³, а реализуется вода по 4 руб. за 1 м³, что требует ежегодных дотаций в размере 33 тыс. руб.

Недостаточная надежность работы опреснительных установок в г. Красноводске, плохие вкусовые качества опресненной воды и высокая стоимость ее показали, что подвоз воды из Баку морским путем является более предпочтительным (стоимость подвоза составляет 1 р. 55 к. за 1 м³).

В ряде районов страны с ограниченными ресурсами пресной воды имеется большое количество соленых озер и подземных соленых вод со слабой минерализацией, опреснение которых может решить проблему обеспечения пресной водой. Создание в этих районах крупных опреснительных установок явится одним из путей решения этой важнейшей народнохозяйственной проблемы.

В Советском Союзе есть целый ряд районов, где практически отсутствуют поверхностные и подземные пресные воды, но имеются значительные запасы соленых вод. К таким районам относятся некоторые районы Средней Азии, Казахстана, Западной Сибири.

Соленые и солоноватые воды на юге СССР — обычно напорные воды, за исключением некоторых районов, где солоноватые воды залегают у поверхности земли.

В перспективе в некоторых районах Казахстана и южных районах Средней Азии возможен водозабор из соленых и солоноватых источников с дебитом от 10 до 100 л/сек.

Наряду с большим количеством воды, необходимой для удовлетворения рассредоточенных сельских потребителей, выявилась большая потребность в воде крупных промышленных районов: Апшеронский полуостров — 4 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$, юго-запад и юг Украины — 1,5 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$.

Предварительные данные говорят о наличии здесь значительных запасов соленых и солоноватых вод, возможных к использованию в промышленных и сельскохозяйственных целях.

В Курганской области на глубине 40 м установлено наличие низкоминерализованных подземных вод (1—3 мг/л) с расходом более 10 $\text{м}^3/\text{сек}$.

В Калмыцкой АССР разведаны запасы воды с расходом не менее 5 $\text{м}^3/\text{сек}$ с минерализацией 1—5 мг/л на глубине 40 м, находящиеся вблизи мест водопотребления. Использование этих вод при помощи опреснительных установок экономически целесообразно.

В Туркмении для опреснения можно использовать 200—300 млн. м^3 в год минерализованной воды.

Опреснение минерализованной воды может идти по следующим направлениям:

для западных промышленных и орошаемых районов республики — устройство крупных опреснительных установок на воде Каспийского моря;

для зоны Каракумов — устройство мелких опреснительных установок.

В настоящее время ведется строительство опытной атомной опреснительной установки.

Наряду с атомными опреснительными установками большой мощности значительный интерес представляет также использование атомных опреснительных установок относительно малых мощностей. Целесообразность применения таких установок определяется географической и хозяйственной спецификой ряда районов.

Произведенные предварительные технико-экономические расчеты показали, что применение атомных опреснительных установок относительно малых мощностей экономически оправдано.

За последние годы в СССР проделаны значительные работы по созданию методов опреснения соленых и солоноватых вод и их освоению в производственных условиях. Однако наряду с достижениями имеется и много трудностей, в результате чего производство и освоение экономичных установок по опреснению соленых вод не получило широкого распространения. В частности, недостаточно широко развернуты научно-исследовательские и экспериментальные работы.

При ограниченных ресурсах пресной воды и практически неограниченных ресурсах соленых вод (мировой океан) проблема обессоливания морских и соленых вод в будущем может явиться основой в решении вопросов водообеспечения населения, промышленности и сельского хозяйства. Поэтому уже в настоящее время необходимо широко начать разработку экономических способов обессоливания морских и соленых вод.

3-5

Современное состояние качества водных ресурсов и проблема охраны водных источников от загрязнения и истощения

Индустриализация и урбанизация выдвинули на одно из первых мест проблему охраны водных ресурсов от загрязнения во всем мире, как одну из важных проблем современности.

Большие трудности с обеспечением водой промышленности и населения в результате загрязнения водоемов испытывают такие страны, как США, Япония, Канада, ФРГ и др.

В США в результате постоянных сбросов недостаточно очищенных сточных вод такая мощная река, как Миссисипи, настолько загрязнена, что в водах ее гибнет рыба и водоплавающая птица. Река получила название «канализационной трубы» средней Америки.

Загрязнение рек в Канаде и Японии резко снизило их рыбопродуктивность. В Японии загрязнение речных вод отрицательно влияет на сельскохозяйственное производство.

Ресурсы пресных вод представляют собою естественные богатства страны, основу для развития экономики, создания благоприятных условий для труда, быта, здоровья, отдыха населения и требуют бережного и разумного отношения к себе.

Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения

Среди различных аспектов проблемы охраны водных ресурсов от загрязнения и истощения ведущее место занимают задачи санитарной охраны, т. е. обеспечения населения водой необходимого качества и создания нормальных санитарных условий жизни.

Не менее важным аспектом охраны водных ресурсов является обеспечение в водоемах качества воды, необходимого для жизни рыб, водоплавающей птицы и животных.

Количество хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод за последние 10 лет возросло почти в 3 раза. Приемниками

сточных вод, как правило, являются те же поверхностные водоемы, которые служат источниками водоснабжения и водопользования.

Развитие новых отраслей промышленности, особенно химической, появление новых сложных технологических процессов с применением разнообразных химических соединений, широкое применение химических средств в сельском хозяйстве и в быту резко изменили и усложнили состав сточных вод.

В настоящее время в сточных водах часто содержатся элементы (ядохимикаты, детергенты и другие), не поддающиеся биологическому окислению, тормозящие процессы окисления, губительно действующие на биологическую жизнь водоемов.

Целый ряд новых отраслей промышленности, такие как химическая, нефтехимическая, органического синтеза, специальные отрасли промышленности и другие, дают сточные воды с неизученным составом загрязнений.

В результате поступления в отдельные водоемы недостаточно очищенных сточных вод некоторые водоемы, а в отдельных районах даже и подземные воды оказались под угрозой загрязнения.

Немалую роль в вопросе загрязнения и истощения водных ресурсов играет размещение водоемких промышленных предприятий без учета имеющихся водных ресурсов и возможностей спуска сточных вод в водоемы.

Главным источником загрязнения водных ресурсов в настоящее время являются неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий.

Большое загрязнение и захламление рек древесиной вносит лесосплав и сопутствующие ему работы.

Дальнейшее развитие народного хозяйства потребует использования еще большего количества свежей воды, а в связи с этим соответственно возрастут и объемы сточных вод и количество загрязнений, поступающих с ними в водоисточники. Именно поэтому дальнейшее развитие экономики, обеспечение нормальных условий труда, быта, отдыха и сохранение здоровья населения требуют комплексного, рационального использования имеющихся водных ресурсов и обязательной организации охраны их от загрязнения.

В связи с этим приняты Основы водного законодательства Союза СССР и союзных республик, которые не предусматривают запрещения сброса сточных вод, а устанавливают систему мер по соблюдению жестких требований, вытекающих из задач охраны водных ресурсов страны от загрязнения, засорения и истощения. К разрешению этой проблемы должны быть привлечены проектные, научные, строительные и эксплуатационные предприятия и ведомства, общество по охране природы, а также широкие массы населения всей страны.

Борьба с вредным воздействием воды

Огромная территория СССР характеризуется большим разнообразием климатических зон, рельефа и геологического строения. Этим объясняется и многообразие проявлений вредного воздействия воды: эрозия почв, наводнения, селевые явления, лавины, дейгешы, разрушение берегов водохранилищ и морей, оползни, заболачивание территорий и другие, причиняющие народному хозяйству страны ежегодно огромные ущербы.

Развитие промышленности и сельскохозяйственного производства связано с освоением ранее неиспользуемых, неудобных территорий, расположенных в поймах рек, в предгорных и горных районах и в прибрежной зоне морей и водохранилищ, подвергающихся вредному воздействию воды. Поэтому проведение мероприятий по защите объектов народного хозяйства от вредного воздействия воды приобретает все более важное значение. За последние годы имеются определенные достижения в изучении эрозийных процессов, селевых потоков, наводнений, абразии берегов, а также в разработке мероприятий по ослаблению или полному предотвращению их деятельности.

Ниже кратко рассматриваются наиболее опасные проявления вредного воздействия воды.

Эрозия почв — смыв, размыв и выдувание продуктивного слоя почв, плодородие которого создавалось в течение длительного времени, — проявляется как следствие незарегулированности поверхностного стока талых и ливневых вод, нерационального сокращения травосеяния, чрезмерных лесных порубок, перегрузки пастбищ и т. д.

В результате эрозии урожайность почв резко снижается. Продукты эрозии почв заносят плодородные земли, заиливают реки, водохранилища, оросительные и судоходные каналы.

Большие размеры процессы эрозии почв получили в США и КНР. В США 20 млн. га земель подвергались сильной эрозии и еще 40 млн. га пахотных земель были близки к такому состоянию. В США удалось приостановить катастрофическую эрозию и частично восстановить плодородие земель в результате проведения, начиная с 1934 г., комплексных приемов охраны почв на площади, включающей целые водосборные бассейны. Только за 10 лет (1952—1962 гг.) площадь террасированных полей и контурная вспашка в США удвоились, лесонасаждения, засев пастбищ, дренаж, ленточная обработка склонов возросли в несколько раз. Новая система земледелия значительно повысила урожайность сельскохозяйственных культур.

По отчетным данным Служба охраны почв США израсходовала на различные охранные мероприятия в 1963 г. 193 млн. долл., а в 1964 г. — 208 млн. долл. При этом борьба с вредным воздействием воды (эрозия почв, наводнения, оползни и др.) осуществлялась как важный компонент комплекса меро-

приятий в процессе использования водоземельных ресурсов речных бассейнов и, как правило, оказывалась весьма выгодной.

Процессы эрозии в СССР не получили такого катастрофического развития как в США. Однако противоэрозионные мероприятия в СССР имеют не менее высокую экономическую эффективность. Так, расчеты, выполненные по ряду районов страны, показывают, что стоимость пересева полей и расчистка их от наносов только за один год равна, а иногда в 2—3 раза больше стоимости создания противоэрозионных и водоохраных мероприятий.

Борьба с эрозией почв в СССР является крупной научно-технической государственной проблемой. В комплексе противоэрозионных, водорегулирующих и водоохраных мероприятий на водосборной площади входят: рациональная организация территории, противоэрозионная агротехника, защитные лесные насаждения, лесовосстановительные мероприятия, пастбищно-мелиоративные работы и простейшие гидротехнические сооружения.

Осуществление комплекса охранных мероприятий на водосборах обеспечит постоянное регулирование поверхностного склонового стока и сокращение процессов эрозии почв, паводковых и селевых явлений.

Для восстановления плодородия почв и получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, и в первую очередь зерновых, необходимо:

запретить использование земель, которое способствует разрушению или истощению почв;

систематически осуществлять полный комплекс противоэрозионных и водорегулирующих мероприятий в пределах целых речных бассейнов с обеспечением каждого хозяйства индивидуальными проектами наиболее целесообразного использования земель;

создать сеть специализированных опытных станций для разработки и внедрения в производство эффективных зональных и местных систем противоэрозионных мероприятий, оснадив их современной техникой и лабораторным оборудованием.

Наводнения в большей или меньшей степени наблюдаются на большинстве рек Советского Союза. Подтоплению или частичному затоплению периодически подвергаются некоторые города, населенные пункты, промышленные, транспортные и гражданские сооружения.

В районах с интенсивными ливнями особенно опасны наводнения, повторяющиеся по нескольку раз в год. Такие наводнения не поддаются заблаговременному прогнозу, отличаются быстрым подъемом воды и обладают большой разрушительной силой.

Наиболее сильные наводнения наблюдаются на реках Дальнего Востока, Сибири и в некоторых других районах страны.

Для решения проблемы борьбы с наводнениями необходимо ускорить составление схем комплексного использования вод-

ных ресурсов бассейнов крупных рек, осуществить строительство регулирующих водохранилищ в сочетании с реконструкцией существующих и устройством новых систем обвалования.

Большие наводнения наблюдаются в бассейне Оби. Пойма Оби находится под водой с конца мая до начала августа, что способствует заболачиванию территории и ограничивает возможность развития сельского хозяйства, затрудняет эксплуатацию колоссальных природно-сырьевых ресурсов Западной Сибири.

Защита от наводнений столь обширного и важного в хозяйственном отношении географо-экономического района наиболее эффективно может быть решена созданием крупных регулирующих водохранилищ комплексного назначения, которые создадут благоприятные условия для ускоренного развития нефтедобывающей и газовой промышленности Западной Сибири.

Для защиты народнохозяйственных объектов Украины намечается регулирование стока рек водохранилищами, обвалование и другие мероприятия.

Самыми надежными средствами защиты от наводнений являются создание водохранилищ с достаточной регулирующей емкостью и обвалование прибрежных территорий. Создание каскада регулирующих водохранилищ на Волге, Каме, Днепре, Куре, Западной Двине и других реках сократило, а в отдельных случаях полностью ликвидировало угрозу наводнений на этих реках. Таким образом, проблема регулирования паводков наилучшим образом решается в пределах целых речных бассейнов.

Существенную роль в борьбе с наводнениями играет также регулирование стока на водосборах путем сохранения имеющихся и создания искусственных насаждений в сочетании с системой мелких гидротехнических сооружений и применением правильной агротехники. Большое значение имеет правильная эксплуатация водохранилищ, а также заблаговременный и надежный прогноз наводнений.

Сели являются характерной особенностью горных районов страны. Селевые потоки отличаются высоким содержанием наносов, внезапностью появления и огромной разрушительной силой. Наиболее селеопасны горные районы Средней Азии, Южного Казахстана и Закавказья.

С 1870 г. до настоящего времени в горных районах Средней Азии и Южного Казахстана отмечено более 2 500 селевых потоков. Почти половина из них приходится на Ферганскую долину, в которую спускаются свыше 270 селевых русел. Часть селевых потоков формируется в Киргизской и Таджикской республиках.

От селевых потоков в Средней Азии периодически страдают наиболее обжитые и освоенные в хозяйственном отношении межгорные долины и предгорья с населенными пунктами, гидроэлектростанциями, крупными ирригационными системами, автомобильными и железными дорогами. Общее протяжение селеопасных участков на Ташкентской железной дороге в Ферганской

долине составляет более 780 км, на Ашхабадской железной дороге — 150 км. Сели часто нарушают движение на участке Ташкент—Ангрен и на территории Киргизии на участке железной дороги Быстровка—Рыбачье.

Селевые потоки угрожают ряду шоссейных дорог. Часто страдают магистрали: Памирский тракт (Душанбе—Ош), Фрунзе—Кашгар, Душанбе—Ленинабад и ряд других.

К первоочередным объектам защиты следует отнести города и крупные населенные пункты: Андижан, Наманган, Беговат, Фрунзе, Токмак, Душанбе, Куляб, Ленинабад, Пенджикент, Ашхабад, Кызыл-Арват и др.

В Таджикской ССР на многих притоках Каттасая, Исфаны, Кафирнигана (особенно на Варзобе), Зеравшана и других рек сели отмечаются ежегодно, а иногда по несколько раз в год.

На территории Туркмении селеподобные паводки отмечаются на склонах хребтов Копет-Дага, Большого и Малого Балхана. Они наносят большой ущерб ирригационным сооружениям, некоторым городам, аулам и дорогам.

В Казахской ССР, кроме г. Алма-Аты, подлежат защите от селей города Талгар, Чимкент, Текели, многие населенные пункты, рудники и оросительные системы.

Одним из наиболее селеопасных районов страны является Закавказье. В Азербайджане селевые потоки проходят почти повсеместно; в Грузии известны более 200 селеопасных рек, в Армении — 440. Угрозе селевых и паводковых потоков подвержены крупные города и населенные пункты (Тбилиси, Кутаиси, Телави, Кварели, Закаталы, Нуха, Ордубад, Нахичевань, Ереван, Кафан, Алаверди и др.), железнодорожные и автодорожные магистрали, оросительные каналы. Общее протяжение селеопасных участков на Закавказской железной дороге достигает 270 км и на автомобильных дорогах — более 200 км.

Для успешной борьбы с селевыми потоками и предупреждения их возможной активизации необходимо осуществить селезащитные мероприятия: произвести подробное обследование и изучение селеопасных районов, составить зональные проекты комплексных защитных мероприятий и обеспечить их планомерное осуществление. При строительстве населенных пунктов, дорог и других сооружений необходимо своевременно осуществлять защитные мероприятия. Кроме того, следует ограничивать вырубку лесов в горных районах страны.

Переработка берегов морей. Сохранение берегов морей от разрушения особенно важно там, где в непосредственной близости от берега располагаются населенные пункты, промышленные предприятия, гидротехнические сооружения, автомобильные и железные дороги, санатории и дома отдыха. Интенсивность переработки прибрежной части водоемов зависит от ряда природно-климатических факторов и в немалой степени от хозяйственной деятельности человека.

Существенной переработке подвержены берега Черного, Азовского, Каспийского, Балтийского и Охотского (остров Сахалин) морей. На побережье Черного моря отмечается интенсивный смыв пляжей и разрушение берегов. В пределах Грузинской ССР из общей длины береговой линии 305 км протяженность абразионных участков составляет 156 км и около 50 км находится в стадии динамического равновесия; значительные размывы берега происходят на стокилометровом участке Адлер—Туапсе, а также в Крыму (Ялта, Феодосия, Евпатория) и на Одесском побережье.

Уничтожение пляжей, являющихся защитой берега, приводит к мощному развитию разрушительных процессов: размываются коренные берега, появляются оползни, под угрозой разрушения оказываются города, различные сооружения и дороги, расположенные в прибрежной зоне.

Берега мелководного Азовского моря подвержены значительному переформированию. Разрушение берегов ведет ежегодно к потере ценных пахотных земель, создает угрозу населенным пунктам, вызывает заносимость морских подходов каналов ряда портов. Под угрозой разрушения находится коса Чушка с проходящими по ней железной и автомобильной дорогами, соединяющими Крым и Кавказ паромной переправой.

На Каспийском море наряду с выдвиганием берега в море на некоторых участках (район дельты Куры и Самура, отдельные участки восточного побережья) можно наблюдать размывы берега. Абразия прибрежной полосы Ленкоранского района привела к троекратному переносу полотна железной дороги на участке между поселками Каладагна и Вель.

Активное разрушение берегов Балтийского моря отмечается в пределах Калининградской области и Литовской ССР.

В целях сокращения переработки берегов крупных водоемов необходимо продолжить исследования по динамике береговых процессов и методам укрепления берегов, следует также ограничить, а в некоторых районах запретить изъятие гальки и песка из береговой зоны и наметить защитные мероприятия.

Проектирование и строительство берегоукрепительных работ следует осуществлять по большим геоморфологическим зонам на основании научно обоснованных генеральных схем укрепления побережий.

Необходимо в больших масштабах развернуть работы по комплексному изучению разрушительных процессов и вредному воздействию воды и составлению научно обоснованных проектов защитных мероприятий.

* * *

*

Осуществление предупредительных мероприятий по борьбе с вредным воздействием вод обеспечит повышение плодородия почв, экономию в удобрениях, снижение расходов на очистку водоемов, увеличение водности рек в меженный период, улучшение режима работы гидроэлектростанций, сокращение паводков, селей и абразионных процессов, улучшение санитарно-гигиенических условий и т. п.

Учитывая исключительную важность проблемы защиты от вредного воздействия воды, недостаточную изученность разрушительных процессов и заинтересованность многих отраслей народного хозяйства в правильном и своевременном решении этой проблемы, необходимо разработать предложения, обеспечивающие планомерное решение перечисленных задач.

3-6

Основные направления комплексного использования водных ресурсов СССР

Комплексное использование водных ресурсов отвечает условиям планового социалистического хозяйства и повышает экономическую эффективность водохозяйственного строительства. Однако выбор оптимального решения при комплексном использовании водных ресурсов требует проведения широких технико-экономических сопоставлений многих возможных вариантов.

Эта задача осложняется тем, что требования отдельных отраслей водного хозяйства весьма противоречивы. Так, например, для водоснабжения населения и промышленности требуется гарантированная по объему и качеству подача воды, практически постоянная в течение года; сельскохозяйственные водные мелиорации используют воду для полива земель в период вегетации; гидроэнергетика заинтересована в использовании воды в зависимости от графиков потребления энергии; судоходство определяет свои требования размерами гарантированных глубин в навигационный период; рыбное хозяйство заинтересовано в очень высоком качестве речной воды и в попусках воды в период весеннего нереста рыб, а также в соблюдении определенных уровней и температурных режимов водоемов.

Кроме того, необходимо учитывать многообразное влияние крупных водохозяйственных мероприятий на природные и хозяйственные условия в районе их проведения.

Общим требованием отраслей водного хозяйства является повышение водоотдачи реками в периоды маловодья. Это требование может быть удовлетворено только путем регулирования речного стока водохранилищами или подачей воды для обводнения рек из речных бассейнов, в которых в перспективе сохра-

няются излишние запасы воды. Водохозяйственные расчеты показывают, что регулирование речного стока водохранилищами и перераспределение его по территории — мероприятия, без которых невозможно дальнейшее развитие народного хозяйства страны.

Большое влияние на экономическую эффективность комплексного водохозяйственного строительства оказывает полнота использования водных ресурсов участниками комплекса. Так, например, в настоящее время экономический эффект использования большинства комплексных водохозяйственных гидроузлов сильно снижается в результате отставания в освоении их водохранилищ рыбным и сельским хозяйством.

Основные направления развития водного хозяйства определяются на основе ориентировочных данных об экономическом развитии страны, выявленных требований к использованию водных ресурсов, данных водохозяйственных балансов и учета изложенных выше особенностей использования водных ресурсов при их комплексном использовании.

Выше приведены соображения о водохозяйственном строительстве, которые позволяют определить направление развития водного хозяйства в бассейнах важнейших рек страны и внутренних морей.

При этом перспективный водохозяйственный баланс большинства речных бассейнов южной зоны страны получается крайне напряженным — требуется перераспределение стока между бассейнами или переброска стока из северных обеспеченных водой районов.

В связи с этим становится необходимым рассмотрение более обширных территорий, охватывающих несколько речных бассейнов.

По условиям использования водных ресурсов на территории СССР может быть выделено три крупных водохозяйственных района: Европейская часть страны; Средняя Азия, Казахстан и Западная Сибирь; Северо-Восточные районы страны.

Европейская часть СССР

В Европейской части СССР, где сосредоточено более 70% промышленного производства страны и проживает 76% населения, водные ресурсы достаточно велики — 6 000 м³ на одного человека в год при 19 000 м³ в среднем по стране. Однако водообеспеченность этой важнейшей в народнохозяйственном отношении территории характеризуется большой неравномерностью.

В северных районах водообеспеченность составляет 47 000 м³/год на одного человека и значительно выше, чем в центральных районах (2 000—5 000 м³/год) и особенно в южных, где на одного человека приходится менее 2 000 м³ воды в

год. В этих условиях остро встает проблема территориального перераспределения воды.

Ниже рассмотрены условия развития водного хозяйства в отдельных наиболее характерных районах, с разными условиями водообеспечения и развития экономики.

Север и Северо-Запад РСФСР, Прибалтийские республики и Белорусская ССР расположены в зоне избыточного увлажнения. Ведущими направлениями водного хозяйства этой территории являются дальнейшее развитие сельскохозяйственных мелиораций (осушение земель) и гидроэнергетического использования водных ресурсов. Обеспечение потребности в воде для населения и промышленности здесь в основном связано с развитием водопроводных и канализационных систем и строительством сооружений по очистке сточных вод. Создание водохранилищ необходимо лишь для водообеспечения отдельных городов и промышленных центров в Белорусской ССР и Прибалтике. В основном это небольшие водохранилища, на создание которых не требуется больших капитальных затрат.

Наиболее крупной водохозяйственной проблемой является осушение избыточно-увлажненных земель в Полесье — в бассейне р. Припяти. При решении этой комплексной водохозяйственной проблемы необходимо учесть требования водного транспорта, заинтересованного в улучшении условий судоходства на Днепро-Бугском водном пути, а также создать условия для водоснабжения развивающихся крупных промышленных комплексов в южных районах Белоруссии.

Гидроэнергетика может получить дальнейшее развитие по использованию энергии рек Кольского полуострова, Карельской АССР, северных рек — Печоры, Сухоны, Онеги и рек Балтийского бассейна — Даугавы и Немана.

Важной задачей является защита от наводнений Ленинграда и Архангельска.

Реки Севера рассматриваются как источник водообеспечения южных районов европейской части страны. В будущем возможно осуществление комплекса сооружений по переброске стока северных рек в Волгу и Каспийское море в объеме до 20—25 км³ в год, а позднее до 80—100 км³.

Проектные проработки и изыскания показывают, что возможности для осуществления таких грандиозных перебросок стока из водоисточников северной части страны имеются.

Центральный район Европейской части СССР, включающий Центральный и Центрально-Черноземный экономические районы, имеет в среднем достаточные водные ресурсы — около 4 000 м³ в год на душу населения. Однако значительная часть района расположена вблизи водоразделов рек Волги, Оки, Десны и Дона, где обеспеченность водой снижается местами до 2 000 м³ и менее.

Водообеспечение населения и промышленности — ведущая отрасль водного хозяйства данного района. В ближайшие годы водные ресурсы обеспечат потребности народного хозяйства и населения при условии осуществления мероприятий по расширению пропускной способности каналов имени Москвы, Волга — Уводь, строительства водохранилищ на Десне, Упе, Сейме, Осколе, Воронеже и др., а также строительства Вазузской гидротехнической системы.

В будущем напряженность водообеспечения будет нарастать. В связи с этим потребуются проведение мероприятий по дальнейшему регулированию речного стока. Появится необходимость в создании новых водохранилищ на реках Осколе, Северском Донце, на притоках Дона. Для водоснабжения г. Москвы, по-видимому, потребуется привлечение нового вод источника — р. Оки.

Для увязки отдельных водохозяйственных мероприятий с перспективным развитием водного хозяйства района необходимо в ближайшие годы разработать схему комплексного использования водных ресурсов Центрального района в целом. В этой схеме следует рассмотреть возможности более полного использования водных ресурсов Верхней Волги, Десны, Оки и Верхнего Дона в увязке с проблемой водообеспечения района Курской магнитной аномалии.

Украинская и Молдавская ССР. Водные ресурсы этого района распределены по территории крайне неравномерно и не соответствуют размещению основных потребителей воды — промышленности и орошаемого земледелия.

На севере и северо-западе района, как правило, имеет место избыток водных ресурсов. Исключение здесь представляют лишь районы крупных промышленных узлов, расположенных в верховьях рек и на водоразделах, водообеспечение которых связано с необходимостью регулирования местного речного стока сравнительно небольшими водохранилищами или подачей воды водопроводами.

Южная и юго-восточная часть района располагает незначительными местными водными ресурсами, но по природным условиям является зоной наиболее благоприятной для развития орошения; здесь же расположен крупнейший промышленный район страны — Донбасс.

Дальнейшее развитие народного хозяйства в этой зоне станет возможным только при проведении широкого комплекса водохозяйственных мероприятий по регулированию стока крупными водохранилищами и его переброске в районы с дефицитом воды.

Важнейшие направления развития водного хозяйства района — водообеспечение населения и промышленности и развитие орошаемого земледелия, которое в перспективе станет одной из ведущих отраслей водного хозяйства.

Необходимые для развития орошаемого земледелия условия обеспечиваются водохранилищами действующих гидроузлов, полезный объем которых составляет 17,8 км³. Днепровской водой предусматривается оросить около 2,0—2,2 млн. га засушливых земель.

В результате развития орошаемого земледелия, промышленности и роста потребления воды населением, а также возрастающей подачи днепровской воды в восточные области Украины по каналу Днепр — Донбасс и в Крым по Северо-Крымскому каналу безвозвратное водопотребление в бассейне Днепра увеличится ориентировочно в 2,5—3,0 раза. При таком росте потребления водные ресурсы Днепра будут недостаточными для удовлетворения выявленных потребностей в воде.

Для покрытия сезонных дефицитов воды потребуется изменение режима работы водохранилищ Днепровского каскада, в настоящее время обеспечивающих в основном интересы гидроэнергетики и судоходства. В будущем возможно потребуется строительство перегораживающего сооружения в Днепро-Бугском лимане для защиты от засоления его морской водой. Целесообразно рассмотреть также и другие технические решения. Для этого в ближайшее время необходимо провести проектно-изыскательские работы.

Скоро будут близки к полному использованию водные ресурсы Днестра и Южного Буга, крупнейших после Днепра рек Украины и Молдавии.

В бассейне Днестра безвозвратное водопотребление может увеличиться по сравнению с современным в 6 раз. При таком росте водопотребления водные ресурсы Днестра без проведения водохозяйственных мероприятий по регулированию речного стока в отдельные периоды маловодных лет будут недостаточными для удовлетворения потребностей народного хозяйства в воде. Возникает необходимость строительства Могилев-Подольского и затем Унижского гидроузлов. В дальнейшем возможно потребуется строительство перегораживающего сооружения в Днестровском лимане для защиты от засоления его морской водой.

Одной из важнейших водохозяйственных проблем района является проблема водообеспечения Донбасса. В Донбассе местные водные ресурсы окажутся недостаточными в ближайшие годы. В связи с этим необходимо ускорить строительство канала Днепр—Донбасс, по которому предусматривается подавать до 3,0 млрд. м³ в год воды; при своевременном осуществлении систем водопроводов, канализации и очистных сооружений проблема водообеспечения Донбасса будет решена.

Учитывая возрастающую в перспективе напряженность водохозяйственного баланса, необходимо продолжить изучение возможностей пополнения водных ресурсов Украины и Молдавии из северных рек и Дуная. Проектно-изыскательские работы по

этой проблеме целесообразно широко развернуть уже в ближайшие годы.

Северный Кавказ и Закавказье. Северный Кавказ располагает ограниченными водными ресурсами, кроме того, их распределение по территории очень неравномерно. Уже в настоящее время во многие районы Северного Кавказа вода подается из отдаленных источников. Построены каналы Терско-Кумский, Кубань-Калаусский, Донской и другие.

Сток основных рек зарегулирован Цимлянским водохранилищем на Дону, водохранилищем Большим на Верхней Кубани, Пролетарским и Веселовским на Кумо-Манычской впадине, Чограйским — на р. Чограй. Значительное место в комплексном использовании водных ресурсов Северного Кавказа занимает строящееся Краснодарское водохранилище, которое позволит перерегулировать сток Нижней Кубани в целях его более полного использования сельским и рыбным хозяйством, промышленностью и населением. Краснодарское водохранилище решит также и проблему борьбы с наводнениями на Нижней Кубани.

Водохозяйственное строительство на Северном Кавказе открыло широкие возможности практически для развития всех отраслей водного хозяйства.

Основным водопотребителем района является орошаемое земледелие. Развитие сельского хозяйства, промышленности, рост благоустройства городов и населенных пунктов, развитие рыбного хозяйства предопределяют большой рост безвозвратного водопотребления. В ближайшие годы безвозвратное водопотребление на Северном Кавказе может увеличиться по сравнению с современным почти в 2 раза.

Удовлетворение потребностей в воде требует осуществления целого ряда крупных водохозяйственных мероприятий: необходимо закончить строительство воднотранспортных гидроузлов на Нижнем Дону, осуществить комплекс рыбоводно-мелиоративных мероприятий в низовьях Кубани, Дона и Терека, создать водохранилища, регулирующие сток в верховьях Кубани и на Тереке; осуществить переброску стока в Дон из Волги в объеме 5—10 км³.

Водохозяйственные проблемы Закавказья в первую очередь связаны с обеспечением водой орошаемого земледелия и водоснабжения крупных промышленных центров и городов.

Водные ресурсы Закавказья, за исключением Западной Грузии, в естественном состоянии ограничены, в связи с чем требуется регулирование речного стока.

В Закавказье уже построен ряд водохранилищ. Наибольшее значение имеет Мингечаурское водохранилище, расположенное в нижнем течении р. Куры. Это водохранилище регулирует сток в сезонном и многолетнем разрезе. Построены крупные каналы: ирригационные — на базе Мингечаурского водохранилища —

Верхне-Ширванский и Верхне-Карабахский, Главный Муганский и др., для водоснабжения Большого Баку — Самур-Дивичинский.

Развитие народного хозяйства Закавказья потребует осуществления целого ряда водохозяйственных мероприятий, из которых наиболее крупными являются:

строительство магистрального водопровода из р. Самура для водообеспечения Большого Баку;

строительство комплексного Жинвальского гидроузла на р. Арагви, который позволит обеспечить питьевой водой г. Тбилиси, оросить около 40 тыс. га засушливых земель и зарегулировать сток Арагви в целях его энергетического использования;

строительство комплексного Шамхорского гидроузла на р. Кура, который наряду с энергетическим использованием стока позволит покрыть сезонные дефициты воды в бассейне р. Куры.

В целом по Закавказью для покрытия дефицитов воды потребуются создать водохранилища с суммарной полезной емкостью до 5 км³.

Урал. Водные ресурсы Урала распределены крайне неравномерно. Наиболее беден водными ресурсами район горного Урала — Свердловская, Челябинская и Оренбургская области, расположенные на водоразделе рек Камского, Уральского и Обь-Иртышского бассейнов. Водные ресурсы этого района составляют менее 8% ресурсов всего Урала. Вместе с тем здесь расположены крупные промышленные узлы — Свердловский, Челябинский, Нижнетагильский, Магнитогорский, Орско-Халиловский и ряд других.

Недостаток в водных ресурсах ощущается в восточных районах Курганской области и в юго-западных районах Тюменской области, расположенных в бессточном междуречье Тобола и Ишима.

В связи с этим образовался ряд дефицитных по воде районов. Для покрытия дефицитов воды в ближайшие годы необходимо проведение мероприятий по регулированию местного речного стока, обводнению рек и максимальной очистке хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод.

Реконструкция существующих и создание новых регулирующих сток водохранилищ, более полное использование подземных вод, дальнейшее развитие централизованных систем водоснабжения и канализации, охрана водных ресурсов от загрязнения — важнейшие водохозяйственные задачи Урала.

Уже в настоящее время требуется улучшение условий водообеспечения Нижнетагильского и Буруктальского промышленных районов, нефтепромыслов в Оренбургской области, городов Красноуральска, Каменска-Уральского, Асбеста, Серова, Плата, Южноуральска, Троицка, Верхнеуральска, Медногорска, Бугуруслана и др.

В целом на Урале для водообеспечения населения и промышленности требуется создать более 50 водохранилищ. Наиболее крупные водохозяйственные мероприятия потребуются осуществить для водоснабжения Свердловского и Челябинского промышленных районов и водообеспечения восточных районов Курганской области. Для водоснабжения Свердловского района необходимо начать строительство комплекса сооружений по переброске стока р. Уфы в р. Чусовую.

В ближайшие годы потребности в воде Челябинского района могут быть удовлетворены путем введения дополнительного оборота сточных вод в системе прудов с повторным использованием их для промышленных нужд. Кардинальное решение проблемы требует осуществления строительства водохранилищ в верховьях р. Уфы и подачи воды из них водопроводами в р. Миасс.

Для водообеспечения г. Кургана и восточных районов Курганской области требуется строительство Кочердыкского водохранилища на р. Тоболе и дальнейшее развитие водопроводной сети.

В ближайшие годы должна быть решена проблема водоснабжения городов Ишимбая, Стерлитамака, Салавата, Мелюза и Кумертау. В связи с этим в верховьях р. Белой необходимо построить Акавазский гидроузел с водохранилищем полезной емкостью до $2,0 \text{ км}^3$. Строительство Акавазского гидроузла — одна из первоочередных задач водохозяйственного строительства на Урале.

В настоящее время составляются схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов рек Урала и Белой, что позволит определить пути решения водохозяйственных проблем юго-западных и южных районов Урала. Необходимо продолжить проектно-изыскательские работы по изучению возможностей комплексного использования водных ресурсов рек Урала.

Первоочередной задачей является составление схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов рек восточных районов Урала.

Средняя Азия, Казахская ССР и Западная Сибирь

Средняя Азия является крупнейшим районом орошаемого земледелия, основной базой хлопководства СССР; располагает месторождениями ценных минеральных ископаемых и крупными топливно-энергетическими ресурсами.

Водные ресурсы Средней Азии ограничены стоком бассейнов двух основных рек — Амударьи и Сырдарьи и оцениваются в средний по водности год величиной около 120 км^3 , в маловодный год — 85 км^3 .

Современное и перспективное водопотребление определяется орошаемым земледелием, которое составляет более 80% общего водопотребления. В настоящее время в Средней Азии орошается около 4,6 млн. га земель, преимущественно под хлопок, с водозабором 70 км³ и безвозвратными потерями 50 км³ в год.

Высокий уровень использования естественного стока при недостаточном его регулировании создает затруднения с водообеспечением поливов в маловодные годы в бассейне Сырдарьи, а в период весенней влагозарядки в бассейне Амударьи.

Перспективный водохозяйственный баланс характеризуется общим дефицитом воды, оцениваемым в 10 км³ в условиях маловодного года обеспеченностью 90% и тем самым предопределяет уровни развития орошаемого земледелия в Средней Азии.

Для водообеспечения новых орошаемых земель и улучшения водообеспеченности существующих необходимо в ближайшие годы завершить строительство Токтогульского и Чарвакского водохранилищ в бассейне Сырдарьи и Нурекского водохранилища на р. Вахш, а также Тюя-Муюнского гидроузла в нижнем течении Амударьи. Вслед за этим потребуются строительство Рогунского гидроузла на р. Вахш.

Необходимым условием водообеспечения новых орошаемых земель в бассейне Амударьи является создание гидроузлов с водохранилищами суммарным полезным объемом до 25—30 км³.

Дальнейшее (сравнительно незначительное) развитие орошаемого земледелия в Средней Азии может идти лишь за счет использования местных водных ресурсов путем организации экономного, строго нормированного забора воды и сокращения непроизводительных потерь воды в оросительных системах.

Наличие больших площадей земель, пригодных для орошения, и исключительно благоприятные температурные условия этого района предопределяют необходимость значительно большего развития орошаемого земледелия, чем это возможно по имеющимся водным ресурсам. Поэтому встает проблема пополнения водных ресурсов Средней Азии из других речных бассейнов, имеющих свободные водные ресурсы.

Казахская ССР. Аналогичная водохозяйственная проблема возникает и в Казахстане.

В настоящее время в Казахстане в целях водообеспечения промышленных районов и орошаемого земледелия ведется большое водохозяйственное строительство по регулированию речного стока и его перераспределению по территории. Завершено строительство Вячеславского, Сергиевского и Чардаринского водохранилищ, заканчивается строительство канала Иртыш—Караганда для подачи Иртышской воды в центральные районы Казахстана и строится канал Нура—Ишим для водоснабжения г. Целинограда. Несмотря на это, с развитием промышленности и орошаемого земледелия водохозяйственный баланс в республике в перспективе обострится, в связи с чем требуется осуще-

ствление ряда новых крупных водохозяйственных мероприятий. Для водообеспечения северных районов республики потребуется строительство канала Иртыш—Ишим—Тобол. Для водообеспечения Четского, Атасуйского и Джезказганского районов необходимо осуществить строительство канала Нура—Сарысу протяженностью 125 км с расходом в головной части до 20 м³/сек. На канале намечается создание водохранилищ для регулирования местного стока и перерегулирования подаваемой воды из канала Иртыш—Караганда.

Для водообеспечения Чимкентского промышленного района намечается строительство водохранилища на реке Арысь с подачей из него воды каналом Арысь—Чимкент протяженностью 50—60 км, при расходе в головной части до 10 м³/сек.

В целях более полного использования местного стока в Казахстане потребуется создать более 50 водохранилищ.

Большое значение для решения водохозяйственных задач Казахстана будут иметь водохранилища построенных и намечающихся к строительству гидроэлектростанций на реках Иртыше, Или и Чарыне. Важной водохозяйственной задачей является регулирование водного баланса оз. Балхаш, безвозвратное изъятие стока в бассейне которого вызовет понижение его уровня, что нанесет значительный ущерб народному хозяйству.

Водохозяйственные расчеты показывают, что для водообеспечения северо-западной части Казахстана местных водных ресурсов недостаточно. Поэтому наряду со строительством регулирующих сток крупных водохранилищ на р. Урале необходимо привлечение водных ресурсов из бассейна р. Волги. Эту водохозяйственную задачу может решить канал Волга—Урал. Строительство канала позволит оросить и обводнить большие земельные массивы в Заволжье в пределах Волгоградской и Саратовской областей РСФСР и Уральской и Гурьевской областей в Казахстане. При полном развитии канала возможно оросить около 1 млн. га земель, обводнить до 6 млн. га пастбищ, а также обводнить р. Урал в целях коренного улучшения рыбохозяйственных и воднотранспортных условий на реке ниже г. Уральска.

Подача волжской воды в р. Урал будет способствовать улучшению условий ведения рыбного хозяйства в Северо-Восточном Каспии.

Осуществление указанных выше водохозяйственных мероприятий позволит практически полностью зарегулировать местные водные ресурсы и перераспределить их по территории в соответствии с требованиями народного хозяйства.

Дальнейшее развитие народного хозяйства Казахской ССР потребует, так же как и для Средней Азии, привлечения водных ресурсов из бассейнов рек, расположенных вне пределов Казахстана.

Источником пополнения водных ресурсов Казахстана и Средней Азии может быть бассейн р. Оби.

Западная Сибирь. Растущие потребности в воде промышленности, населения и сельского хозяйства в Западной Сибири могут быть удовлетворены в основном без проведения крупных водохозяйственных мероприятий, так как водные ресурсы района значительно превосходят перспективное водопотребление. Возникающие в отдельных случаях в южных районах дефициты воды могут быть покрыты путем создания ряда небольших водохранилищ.

Вместе с тем уже в ближайшей перспективе в ряде районов возникают сложные водохозяйственные проблемы, требующие комплексного разрешения и увязки первоочередного водохозяйственного строительства с развитием водного хозяйства в более отдаленной перспективе.

В первую очередь к таким проблемам относится проблема охраны водных ресурсов бассейна р. Томи. От решения этой проблемы зависит развитие промышленных районов Кузбасса, улучшение условий судоходства на Томи; при некоторых направлениях решения проблемы создаются предпосылки для развития гидроэнергетики.

Комплексное решение проблемы возможно лишь при осуществлении мероприятий по регулированию стока р. Томи и ее притоков. Первоочередным водохозяйственным мероприятием является строительство на р. Томи у г. Кемерово Бычегорловского гидроузла с водохранилищем полезной емкостью около $6,0 \text{ км}^3$.

Другой водохозяйственной проблемой является освоение водоземельных ресурсов Обь-Иртышского междуречья в целях создания в Западной Сибири базы по производству зерна и животноводства.

В будущем представляется целесообразным довести орошаемые площади в Кулундинской степи до 500 тыс. га за счет дополнительного забора воды из Оби, что возможно осуществить без регулирования ее стока.

Определение направлений дальнейшего развития орошения в Кулундинской степи требует проведения дополнительных проектных проработок и научных исследований, так как без мероприятий по регулированию стока Оби развитие орошения будет невозможно.

Одной из сложных проблем является защита от наводнений поймы среднего течения Оби. Предотвращение наводнений на этом участке способствовало бы развитию здесь кормовой базы для животноводства и значительно улучшило бы условия эксплуатации нефтяных месторождений.

Возможные пути решения этой сложной проблемы еще не определены, так как требования к режиму использования стока Оби со стороны сельского хозяйства, нефтяной промышленности

и рыбного хозяйства крайне противоречивы. Необходимость комплексного решения требует постановки серьезных изысканий и научных исследований.

Анализ современного состояния водного хозяйства Западной Сибири и перспектив его развития показывает, что решение отдельных водохозяйственных проблем даже ближайшей перспективы не может рассматриваться локально.

При определенной взаимосвязи в решениях этих проблем необходимо составление схемы комплексного использования водных ресурсов всего бассейна Оби.

Решение водохозяйственных проблем в бассейне Оби нельзя также ограничивать рамками ее бассейна, так как водные ресурсы Оби в перспективе могут быть источником пополнения водных ресурсов Казахстана и Средней Азии.

Поскольку в Средней Азии и Казахстане только в зоне производства наиболее ценных культур, в том числе хлопка, риса и фруктов, имеется около 15—20 млн. га пригодных для освоения земель, потребность в воде, подаваемой из бассейна Оби, по-видимому, будет очень большой и составит примерно 150—200 км³ в год.

Так как в верховьях Оби при регулировании стока возможно забрать не более 50—60 км³ воды, появляется необходимость регулирования стока Оби в ее низовьях или привлечение стока р. Енисея.

В свете этих задач должно быть пересмотрено отношение к Нижне-Обскому водохранилищу, как к чисто энергетическому объекту, учитывая его первостепенную роль в решении задачи водообеспечения Средней Азии и Казахстана (подробнее изложено в § 3-4 «Крупные водохозяйственные проблемы»).

Наличие прямой взаимосвязи водохозяйственных проблем Западной Сибири, Средней Азии и Казахстана показывает, что решение водохозяйственных задач в этих районах может быть найдено только в результате совместного рассмотрения водохозяйственных проблем Западной Сибири, Казахстана и Средней Азии с учетом развития производительных сил каждого района и комплексного использования общих для них располагаемых водных ресурсов.

В свете изложенного представляется совершенно необходимой разработка макета развития производительных сил на территории, включающей Западную Сибирь, Казахстан и Среднюю Азию, который должен определить наиболее эффективное комплексное использование ресурсов всех видов исходя из потребностей народного хозяйства.

Параллельно с этим должны быть начаты изыскательские и проектные работы по определению возможных трасс и технических схем переброски стока Оби в Среднюю Азию и Казахстан, которые по своей сложности потребуют длительного времени.

Северо-Восточные районы СССР

По природным особенностям, по уровню и направлению развития народного хозяйства в особую зону, отличную от других районов страны, могут быть выделены восточные и северо-восточные районы страны — северная часть Красноярского края, Якутская АССР, Камчатская и Магаданская области.

Рассматриваемая территория занимает площадь более 10 млн. км² с населением около 12 млн. человек. Средняя плотность населения 1,2 человека на 1 км², что почти в 9 раз меньше средней плотности населения страны.

Природные богатства этого района очень велики, хотя далеко не полностью изучены. Однако и разведанные ресурсы позволяют считать его одним из перспективных районов развития народного хозяйства страны. По запасам олова, золота, платины, алмазов, исландского шпата район занимает ведущее место в Союзе; весьма значительны запасы железных руд, никеля, меди, свинца и нерудных ископаемых. Здесь сосредоточено большое количество угля, огромные запасы древесины, ведутся изыскания на нефть и газ.

Большое народнохозяйственное значение в экономике страны имеют рыбная и лесная отрасли промышленности этого района.

Рыбная промышленность одной только Камчатской области дает около 6% союзной добычи рыбы (3,3 млн. ц). Реки Дальнего Востока богаты ценными лососевыми и крупночистиковыми породами рыб. Развитие производительных сил в этом районе страны происходит в особых условиях, характеризующихся суровым климатом, незначительной населенностью, большой удаленностью от промышленных центров страны, слаборазвитыми транспортными связями и в целом более трудными, чем в центральных районах, условиями жизни.

Размещение производительных сил характеризуется исключительной неравномерностью и носит очаговый характер.

Северо-Восточные районы СССР богаты гидроэнергетическими ресурсами: экономический потенциал их составляет около 50% союзного. Северо-Восточные районы страны, обладающие богатейшими сырьевыми ресурсами, являются районами большого гидроэнергетического строительства в будущем. Основное направление развития хозяйства края — создание энергоемкой промышленности и собственной сельскохозяйственной базы. Это направление диктуется отдаленностью района и стремлением сократить дальние перевозки.

В южных районах края — Амурской области, на юге Хабаровского и Приморского краев значительное развитие должно получить сельское хозяйство, основной задачей которого является обеспечение сельскохозяйственными продуктами населения всего северо-восточного района страны.

В связи с намечаемым развитием народного хозяйства в этом районе как одно из основных условий обеспечения роста производительных сил возникает необходимость изучения и освоения его водных ресурсов.

Характерной особенностью многих северных рек является полное (до дна) промерзание зимой, что сильно затрудняет их использование для водоснабжения.

Подземные воды в большинстве своем сильно минерализованы и залегают на большой глубине.

Одним из основных водохозяйственных вопросов является обеспечение водой населенных пунктов и промышленных предприятий. Опыт проектирования в этом районе показывает, что комплексное решение, удовлетворяющее интересам всех заинтересованных отраслей народного хозяйства, может дать и здесь приемлемые в экономическом отношении решения. Примерами этого являются Зейская ГЭС на р. Зее и Иманская ГЭС на р. Имане, где наряду с получением дешевой гидроэнергии удастся решить вопросы развития водного транспорта, лесной промышленности, водоснабжения, а также борьбы с наводнениями и другие вопросы.

Проблема борьбы с наводнениями должна решаться путем регулирования стока, увеличением пропускной способности рек на отдельных участках и ограждением отдельных территорий. Решению этой проблемы необходимо уделить большое внимание, без этого невозможно планомерное развитие народного хозяйства этого богатейшего края.



В результате осуществления описанных выше мероприятий возможно будет решить проблему водообеспечения промышленности и населения во всех районах страны. Сельскохозяйственные водные мелиорации явятся основой более устойчивого сельскохозяйственного производства. Увеличится выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях. На внутренних водоемах страны возрастут уловы рыбы. При этом уловы ценных пород рыб увеличатся в 3 раза.

Будет завершена единая глубоководная система водных путей в европейской части страны и проведена реконструкция судоходных рек в восточных районах СССР, что создаст условия для эксплуатации экономичных крупнотоннажных судов и явится важным фактором дальнейшего снижения себестоимости водных перевозок.

Во многих районах страны будут ликвидированы затопления земель, значительно снизятся площади земель, подверженные водной эрозии.

Осуществление переброски стока северных рек в бассейн Волги и Дона и строительство регулирующих сооружений в Керченском проливе и заливе Кара-Богаз-Гол в сочетании с другими мероприятиями позволят решить водохозяйственные проблемы Каспийского и Азовского морей.

Намечаемое водохозяйственное строительство потребует больших капитальных вложений, привлечения значительных материальных и людских ресурсов.

3-7

Экономическая оценка водохозяйственных мероприятий

Наиболее экономичное развитие водохозяйственных мероприятий может быть обеспечено лишь путем комплексного использования и охраны водных ресурсов.

Комплексные водохозяйственные мероприятия предусматривают использование водных ресурсов в интересах сельского и коммунального хозяйства, гидроэнергетики, рыбного хозяйства и водного транспорта, а также проведение необходимых мероприятий по борьбе с вредным воздействием воды и охране водных ресурсов от загрязнения и истощения.

Общая сумма капиталовложений, необходимых для осуществления намеченных в ближайшие годы водохозяйственных мероприятий, ориентировочно может быть оценена в 200 млрд. руб.

По отдельным отраслям эти капиталовложения распределяются следующим образом (табл. 3-14).

Наибольший удельный вес затрат приходится на сельскохозяйственные мелиорации, водоснабжение и канализацию промышленности и городов и гидроэнергетику. Капиталовложения на эти отрасли хозяйства составляют около 90% всех затрат.

Самой крупной составляющей затрат (56%) являются капиталовложения в сельскохозяйственные мелиорации.

Осуществляемая в нашей стране широкая программа развития и благоустройства городов и поселков городского типа и повышения культурно-бытовых и социально-гигиенических условий жизни населения сдерживается в ряде случаев отставанием со строительством и вводом коммунальных систем водоснабжения. Средний удельный расход воды на хозяйственно-бытовые нужды в СССР в настоящее время еще ниже, чем в развитых капиталистических странах.

Развитие промышленности также требует соответствующего расширения систем водоснабжения, канализации и очистки сточных вод. В связи с этим необходимо уже в ближайшие годы осуществить значительные капитальные затраты на водоснабжение и канализацию.

Таблица 3-14

Распределение капиталовложений по отраслям водного хозяйства и их удельный вес в общем объеме затрат

Отрасли водного хозяйства	Капиталовложения	
	млрд. руб.	%
Сельскохозяйственные водные мелиорации	115	56,2
Водоснабжение и канализация сельских населенных пунктов и животноводческих ферм	12	5,6
Водоснабжение и канализация промышленных предприятий и населенных пунктов городского типа	42	20,5
Гидроэнергетика	25	12,2
Водный транспорт	1	0,6
Рыбное хозяйство	3	1,5
Мероприятия против вредных воздействий вод	7	3,4
Всего	205	100

Затраты на гидроэнергетику обусловлены участием последней в эффективном комплексном гидротехническом строительстве, дающем эффект помимо энергетики также для водоснабжения, орошения и водного транспорта, а также большим специфическим значением ГЭС в энергосистемах.

Остальные 10% капиталовложений падают на мероприятия по водному транспорту, рыбному хозяйству, межотраслевые объекты и на общие мероприятия по борьбе с вредным проявлением водной среды и охране водных ресурсов. Рыбоводно-мелиоративные мероприятия позволят увеличить уловы рыбы во внутренних водоемах.

Развитие водного транспорта позволит удвоить грузооборот по речным перевозкам.

Учитывая высокие затраты на водохозяйственное строительство страны, одной из важнейших задач следует признать всемерное повышение их экономической эффективности. Оценка экономической эффективности приведенных капитальных затрат на водохозяйственные мероприятия имеет методические трудности, определяемые следующими обстоятельствами.

При определении экономической эффективности водохозяйственных мероприятий все ведомства, использующие водные ресурсы, руководствуются основными положениями «Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР».

В практике применения этой методики и в ее толковании существуют большие различия. В мелиоративных и рыбохозяйственных организациях эффективность капитальных вложений оценивается, как правило, по уровню рентабельности, а в гидроэнергетике и водном транспорте — по показателям сравнительной экономической эффективности. Сравнительная эффектив-

ность в сельском и рыбном хозяйствах применяется лишь для выбора параметров сооружения и оборудования и сопоставления различных вариантов технических решений или объектов, позволяющих получить одинаковый материальный эффект.

При оценке экономичности намечаемых мероприятий используются также и натуральные показатели, характеризующие выход продукции на гектар площади, на единицу стоимости производственных фондов и другие.

В гидроэнергетике и водном транспорте метод сравнительной эффективности применяется не только для выбора оптимальных параметров и вариантов технических решений, но и для определения экономической эффективности проектируемых объектов. В последнем случае проектируемый объект сопоставляется с другим, альтернативным объектом, который неизбежно пришлось бы сооружать.

Эффективность капиталовложений в мероприятия по водоснабжению промышленности и населения, а также в канализацию и очистные сооружения до последнего времени, как правило, вообще не определялась. Техничко-экономические расчеты в основном сводились к определению удельных капиталовложений и себестоимости отпускаемой воды.

Практику использования только показателей рентабельности или только показателей сравнительной эффективности при решении вопросов водного хозяйства и для оценки эффективности объектов нельзя признать удовлетворительной. Это является результатом необоснованного противопоставления указанных способов друг другу. Между тем для полной и всесторонней оценки экономической эффективности любого водохозяйственного мероприятия или объекта необходимы как показатели рентабельности, так и сравнительной эффективности.

Оценка сравнительной эффективности необходима для выбора лучших, наиболее экономичных объектов и способов или вариантов одних и тех же задач. Оценка же рентабельности необходима для определения экономичности проектируемого или планируемого объекта в условиях хозрасчетных взаимоотношений при существующих или намечаемых ценах и тарифах на продукцию или услуги водохозяйственных объектов.

Только на основе правильной методики технико-экономических расчетов и правильных исходных данных можно дать научно обоснованное решение важнейших проблем водного хозяйства, в том числе и выработку экономических основ рационального использования водных ресурсов и целесообразного их распределения между водопотребителями и водопользователями, а также и разработку системы мероприятий по повышению экономической эффективности производственных фондов водохозяйственного назначения. В настоящее время дать всестороннюю экономическую оценку водохозяйственных мероприятий не представляется возможным.

Вопросы введения цен на водные ресурсы и тарифов на отведение сточных вод только еще поставлены и разрабатываются.

В связи с этим ниже излагается экономическая оценка водохозяйственных мероприятий по отдельным отраслям водного хозяйства применительно к сложившейся в настоящее время практике и имеющимся материалам.

Сельскохозяйственные мелиорации

Водные мелиорации — орошение, осушение и обводнение — относятся к числу наиболее радикальных средств повышения продуктивности земельного фонда страны. Возможности дальнейшего расширения площади посевов и насаждений при помощи агрономических средств близки к исчерпанию, а во многих районах уже исчерпаны, тогда как путем орошения и осушения в интенсивное сельскохозяйственное использование может быть вовлечено более 100 млн. га малопродуктивных земель. В связи с этим непрерывно будет возрастать необходимость в расширении базы сельскохозяйственного производства за счет орошения и осушения новых площадей при неуклонном повышении удельного веса продукции, производимой на мелиорируемых землях.

Оказывая положительное влияние на развитие сельскохозяйственных культур, водные мелиорации вместе с тем создают условия для получения более высокого эффекта от применения всего комплекса агротехнических мероприятий, в особенности от внесения удобрений.

Очень велика роль водных мелиораций как одного из наиболее важных средств повышения устойчивости сельскохозяйственного производства против засух. При качественном выполнении строительных работ, быстром освоении новых мелиоративных земель и интенсивном их использовании капитальные вложения в мелиорации обеспечивают высокую рентабельность сельскохозяйственного производства.

Таблица 3-15

Ориентировочные удельные капиталовложения в мелиоративные мероприятия (тыс. руб/га)

Мероприятия	Орошение	Осушение
Гидромелиоративное строительство	3,6	1,4
Сельскохозяйственное освоение	1,3	0,4
Всего	4,9	1,8

Таблица 3-16

Характеристика эффективности мелиоративного строительства

Вид мелиорации	Капиталовложения ¹ , руб/га	Прирост продукции, руб/га	Прирост дохода хозяйства, руб/га	Доход государства, руб/га	Суммарный доход, руб/га	Срок возврата капиталовложений, лет
Орошение	4 643	848	393	257	651	7,0
Осушение	1 617	341	170	110	280	5,8
В среднем по Союзу на мелиорируемых землях	3 083	554	264	172	436	7,0

¹ Без затрат на жилищно-коммунальное строительство.

Анализ показателей экономической эффективности капиталовложений является весьма сложным, поскольку они синтезируют в себе многие специфические факторы строительства мелиоративных объектов: разнообразие природных и экономических условий той или иной республики, конструктивные особенности системы, типа водозаборных и водосбросных сооружений, а также способы полива и дренажа и многие другие.

Поэтому на основании расчетных показателей можно составить лишь представление о порядке цифр и их динамике.

Одним из основных исходных показателей для характеристики экономической эффективности капиталовложений в мелиорацию являются показатели удельных капитальных вложений (табл. 3-15).

Эффективность капиталовложений в гидромелиоративное строительство обычно характеризуется рядом показателей: приростом продукции, снижением затрат на единицу продукции, повышением производительности труда и т. д. Однако основным результирующим показателем является показатель срока возврата капиталовложений за счет чистого дохода.

В целом по СССР эффективность мелиоративного строительства в расчете на 1 га характеризуется цифрами, приведенными в табл. 3-16.

Приведенные показатели указывают на достаточно высокую эффективность гидромелиораций.

Расчет не учитывает фактора времени, т. е. постепенности освоения орошаемых площадей, разрыва во времени между периодом капитальных вложений и периодом получения эффекта. Расчеты, сделанные по ряду конкретных объектов, указывают на то, что учет периода освоения по сложным процентам, исходя из нормы эффективности $p=0,12$, увеличивает сроки окупаемости на 2—3 года. С учетом этого обстоятельства эффектив-

ность гидромелиоративного строительства будет характеризоваться сроками около 8—10 лет, т. е. в пределах нормы эффективности.

Водоснабжение и канализация

Суммарные капиталовложения на водоснабжение и канализацию (без водохранилищ и перебросок стока) определяются примерно в 42 млрд. руб. Этими ассигнованиями предусматривается не только новое строительство, но и значительная реконструкция существующих сетей.

Осуществление этих мероприятий позволит увеличить среднее потребление воды населением городов и рабочих поселков в 2,5 раза против современного.

Несмотря на ожидаемый рост оборотного водоснабжения, объем сброса сточных вод в перспективе также увеличится, что вызовет значительное увеличение затрат на очистку.

Экономическая оценка мероприятий по водоснабжению и водоотведению является затруднительной, поскольку из-за отсутствия цен и тарифов на водные ресурсы абсолютная эффективность капиталовложений не может быть определена. Обобщенная оценка относительной эффективности невозможна по причине большого разнообразия местных условий, поэтому экономический анализ сводится к сопоставлению удельных капиталовложений на 1 м³ прироста общего водопотребления и водоотведения, характеризующихся следующими данными.

Фактическая средняя себестоимость воды по коммунальным водопроводам на 1/1 1966 г. составляла около 3,3 коп/м³ с колебаниями от 2,2 до 6,7 коп/м³ (в среднем по республикам).

Фактическая средняя себестоимость отведения и очистки коммунальных сточных вод в целом по СССР составляет 1,4 коп/м³ с колебаниями от 0,7 до 2,5 коп/м³ (в среднем по республикам).

Данных по фактической себестоимости воды из промышленных водопроводов по республикам и в целом по СССР нет.

По имеющимся предположениям средняя себестоимость воды производственного назначения составляет около 1,2—1,6 коп/м³ с колебаниями от 0,2 до 6 коп/м³.

Ожидаемая средняя себестоимость питьевой воды на ближайшие годы сохранится примерно на уровне 1965 г. — 3,3 коп/м³ вследствие необходимости дополнительных затрат для совершенствования существующих систем водоснабжения (введение автоматики, диспетчеризации, улучшения степени очистки и пр.).

В перспективе средняя себестоимость воды может быть снижена до 2—2,5 коп. за 1 м³ путем сокращения издержек по содержанию штата, повышению к. п. д. насосных установок и удешевлению стоимости электроэнергии.

Ожидаемая средняя себестоимость отведения и очистки коммунальных сточных вод может значительно возрасти в сравнении с существующей себестоимостью, так как большие объемы стоков должны проходить полную биологическую очистку.

Ориентировочно себестоимость отведения и очистки коммунальных сточных вод может составить 3,5—4 коп/м³.

Средняя себестоимость воды из производственных водопроводов при районных и узловых системах водоснабжения может составить 1,2—1,5 коп.

Увеличение себестоимости воды объясняется удаленностью источников водоснабжения и необходимостью более высокой степени очистки, что связано с дополнительными затратами на водоподготовку.

Сопоставляя фактическую себестоимость с ожидаемой, можно сделать вывод, что мероприятия по водоснабжению, несмотря на большие капитальные затраты на регулирование стока, дополнительную очистку, организацию оборотного водоснабжения, дают снижение себестоимости воды и являются достаточно эффективными.

Количественное выражение эффективности капиталовложений в водоснабжение и канализацию является весьма условным, поскольку создание наиболее благоприятных условий жизни человека, а также обеспечение роста промышленного производства в перспективе приобретают первостепенное значение в развитии водохозяйственного строительства несмотря на большие затраты.

Рыбное хозяйство

До последнего времени капитальные вложения в рыбное хозяйство на внутренних водоемах направлялись только на добывающую и обрабатывающую базы. В последние 10—15 лет в связи с сокращением запасов и уловов ценных пород рыб на основных внутренних водоемах начали проводиться специальные рыбоводно-мелиоративные мероприятия: строительство заводов и хозяйств по искусственному выращиванию молоди, рыбопропускных и рыбозащитных сооружений, мелиорация и обводнение нерестилищ. В качестве крупного источника снабжения населения живой и свежей рыбой в последние годы развивается и прудовое рыбоводство.

По ориентировочной оценке удельный вес затрат на рыбное хозяйство может составить 1,5% общей суммы капиталовложений в мероприятия по водному хозяйству.

В ближайшие годы особое внимание должно быть уделено бассейнам Каспийского и Азовского морей; на восстановление сырьевых рыбных запасов потребуется ориентировочно 250 млн. руб., или 28% всех капиталовложений по рыбохозяйственным

Таблица 3-17

Ориентировочные показатели эффективности использования внутренних морских водоемов

Показатели	Каспий- ский бас- сейн	Азовский бассейн	Араль- ский бас- сейн	Итого
Общий улов, млн. ц	6,2	2,2	0,2	8,6
Общий промысловый возврат от рыбовод- ных мероприятий, млн. ц	2,1	0,9	0,1	3,1
Объем капиталовложений, млн. руб.	244	93	29	366
Удельные капиталовложения на промысло- вый возврат, руб.	114	99	35	82
Себестоимость рыбопродукции из промыс- лового возврата, млн. руб.	155	73	4,7	233
Прибыль от реализации, млн. руб.	74	17	2,3	93,3
Средние сроки возврата капиталовложений, лет	3,5	5,5	12,8	4,0

мероприятиям. Рыбохозяйственное освоение водохранилищ ориентировочно потребует примерно 50 млн. руб.

Полагаем, что в дальнейшем большую часть капиталовложений целесообразно направить в прудовое рыбоводство, соответственно уменьшив затраты на естественные водоемы.

Ниже приведены основные показатели экономической эффективности намечаемых мероприятий по развитию отдельных водоемов.

Моря. Рыбоводные мероприятия по Каспийскому, Азовскому и Аральскому морям по имеющимся предположениям могут увеличить современный улов во внутренних морских водоемах ориентировочно на 1,5 млн. ц рыбы. Среди морских водоемов наибольший удельный вес по размеру капиталовложений приходится на Каспийский бассейн.

Технико-экономические показатели по внутренним морским водоемам, приводимые в табл. 3-17, свидетельствуют о целесообразности проведения рыбоводных мероприятий.

Озера. Для повышения рыбохозяйственного значения озер необходимо проведение мелиоративных работ на нерестилищах, строгое регулирование промысла и проведение охранных мероприятий, обогащение озер ценными видами рыб и др. Технико-экономические показатели рыбохозяйственного использования наиболее крупных озер (табл. 3-18) свидетельствуют об экономической эффективности этих мероприятий.

Речные водоемы. Мероприятия по рыбохозяйственному использованию речных водоемов имеют целью в основном сохранение естественных сырьевых рыбных ресурсов. По ориентировочной оценке технико-экономические показатели рыбохозяйственного использования речных водоемов в целом по СССР

Таблица 3-18

Ориентировочные технико-экономические показатели
рыбохозяйственного использования озер

Показатели	Озера				
	Ла- дож- ское	Онеж- ское	Бай- кал	Бал- хаш	Иссык- Куль
Площадь, тыс. га	1 800	1 005	3 150	2 000	620
Улов рыбы, тыс. ц	76	32	130	171	22
Прирост уловов, включая промысловый воз- врат, тыс. ц	18	3	50	64	2
Сумма капиталовложений, млн. руб.	2,1	0,50	6,1	16,0	0,64
Себестоимость рыбопродукции, тыс. руб.	1,9	0,3	4,8	3,96	0,30
Удельные капитальные затраты на 1 ц при- роста улова, руб.	121	165	122	250	306
Прибыль от реализации, млн. руб.	0,3	0,06	2,7	1,08	0,05
Средний расчетный срок возврата капиталов- ложений, лет	6,2	9	2	1,5	1,4

следующие: промысловый возврат от рыбохозяйственных меро-
приятий 0,42 млн. ц, объем капиталовложений 79 млн. руб., удель-
ные капиталовложения на 1 ц рыбы — 190 руб.

Несмотря на то что при указанных удельных капиталовло-
жениях срок их возврата превышает нормативный, считается це-
лесообразным проведение этих мероприятий в целях сохранения
ценных видов рыб, которые обитают в этих водоемах.

Водохранилища. Рыбным промыслом возможно освоить
15,0 млн. га водного зеркала существующих, строящихся и про-
ектируемых водохранилищ, которые могут давать 2,5 млн. ц
рыбы, или в 5 раз больше современных уловов.

Общий объем капиталовложений, потребных на подготовку
ложа, строительство нерестово-вырастных хозяйств, рыбоводных
заводов, приобретение флота и создание береговой и обрабаты-
вающей базы, ориентировочно оценивается в 165 млн. руб., в
том числе на первоочередные мероприятия 48 млн. руб.

По наиболее важным экономическим показателям (срок воз-
врата капитальных вложений, удельные капитальные затраты
на 1 ц промыслового улова и на 1 руб. товарной продукции) во-
дохранилища можно разбить на три группы.

К первой группе относятся водохранилища со сроком возвра-
та капитальных вложений до 8 лет (Куйбышевское, Киевское,
Цимлянское, Кременчугское, Капчагайское, Днепродзержинское,
Чебоксарское и др.). Ко второй группе — со сроком возврата
капиталовложений до 10 лет (Братское, Рыбинское, Горьков-
ское, Камское, Богучанское и др.). К третьей группе — со сро-
ком возврата свыше 10 лет (Нижне-Камское, Красноярское, Вол-
гоградское, Саратовское).

Таблица 3-19

Ориентировочные показатели эффективности использования водохранилищ

Показатели	Водохранилища		
	I группа	II группа	III группа
Рыбопродуктивность водохранилищ, кг/га	38	10	24
Улов рыбы, млн. ц	0,7	0,3	0,4
Стоимость продукции в оптовых ценах без налога с оборота, млн. руб.	42,0	21,0	25,0
Окупаемость капиталовложений, лет	5,4	9,2	14,3
Удельные капиталовложения на 1 ц промыслового улова, руб.	82	100	88

По указанным группам водохранилищ показатели экономической эффективности их освоения приводятся в табл. 3-19.

По размеру капиталовложений водохранилища I группы в общем объеме занимают наибольший удельный вес — 48% и дают наибольший экономический эффект.

Прудовые рыбоводные хозяйства получают наибольшее развитие в тех районах страны, где имеются благоприятные условия и близко расположены потребители.

В целом по СССР предполагается, что в ближайшие годы капиталовложения на 1 ц прудовой рыбы составят 371 руб., а в более отдаленной перспективе — 230 руб.

Стоимость строительства 1 га прудов ориентировочно оценивается в сумме 2 700 руб. Срок возврата капиталовложений около 7 лет.

Решающим фактором, определяющим экономическую эффективность прудового рыбоводства, является расчетная рыбопродуктивность, т. е. размер выхода продукции с единицы площади водоема. При действующих нормативах удельных капиталовложений на 1 га площади прудовых хозяйств 2,5—3,0 тыс. руб. расчетная рыбопродуктивность принимается в проектах не менее 12 ц с 1 га. Между тем в 1969 г. фактическая средняя рыбопродуктивность в госрыбхозах составляла 6,4 ц/га, а в ближайшие годы предполагается ее увеличение до 10 ц/га. Поэтому увеличение выхода продукции с единицы прудовой площади до уровня достигнутого в передовых рыбных хозяйствах является основной задачей в развитии прудового рыбоводства.

Внутренний водный транспорт

Речное судоходство является наиболее дешевым видом транспорта, в особенности для перевозок массовых грузов. Об этом свидетельствует как отечественный опыт, так и опыт работы речного транспорта в развитых капиталистических странах.

Себестоимость речных перевозок в США в 3—4 раза ниже себестоимости железнодорожных перевозок, в ФРГ и Франции — в 2,5—3 раза. По ориентировочной оценке в СССР в современных условиях по некоторым магистральным водным путям страны, сопоставляемым с железными дорогами, себестоимость перевозок по ряду грузов составляет 1,0—1,3 коп/10 т·км против 2,4—3 коп/10 т·км по железным дорогам. На водных путях, сопоставимых с автодорогами, средняя себестоимость перевозок составляет 4,0 коп/10 т·км, повышаясь в отдельных случаях до 15—25 коп/10 т·км, против 61 коп/10 т·км в среднем на автотранспорте.

Несмотря на экономические преимущества речного транспорта, использование его в настоящее время недостаточно. Среди причин, сдерживающих расширение сферы применения речного транспорта, важное место занимает незавершенность мероприятий по комплексному использованию водных ресурсов на таких магистральных реках, как Волга, Кама, Дон, Днепр, отсутствие необходимых межбассейновых соединений и подходов каналов к грузообразующим пунктам и другие недостатки современной сети водных путей.

Осуществление мероприятий по улучшению и развитию сети внутренних водных путей СССР требует капиталовложений как для участия в комплексном гидротехническом строительстве, так и для осуществления мероприятий чисто транспортного характера.

По ориентировочной оценке общая сумма капиталовложений в воднотранспортное строительство и сооружения, необходимые в составе работ по водохозяйственному комплексу (долевое участие водного транспорта), составляет 1,2 млрд. руб. Указанная сумма включает также стоимость мероприятий по охране водоемов и водотоков от загрязнения при их судоходном использовании.

Эффективность капитальных вложений (если считать их условно равными увеличению стоимости основных производственных фондов) по путевому хозяйству может быть оценена приростом грузооборота на 1 руб. капиталовложений.

Если этот показатель за прошедшее десятилетие принять за единицу, то в ближайшие годы он будет составлять 1,75, а в более отдаленной перспективе 2,3.

Такой рост эффективности капитальных вложений может быть достигнут завершением работ по созданию Единой глубоководной системы Европейской части СССР, допускающим широкое внедрение наиболее экономичных типоразмеров крупнотоннажных судов, повышающим эффективность использования существующего флота и способствующим увеличению грузооборота.

Более половины капиталовложений необходимо выделить в Волжско-Камско-Донской бассейн и направить в основном на

завершение восточного полукольца Единой глубоководной системы — сооружение гидроузлов, завершающих каскад, — Чебоксарского, Нижне-Камского, осуществление мероприятий по переброске стока северных рек в Волгу и по обеспечению транзитных глубин на Волго-Донском водном пути. Эффективность отдельных объектов по созданию восточного полукольца Единой глубоководной системы Европейской части СССР ориентировочно оценивается сроком окупаемости дополнительных капиталовложений по разным объектам от 6 до 10 лет.

Большие капитальные вложения необходимы для развития водных путей Ангаро-Енисейского бассейна и для транспортного освоения Красноярского, Саянского и Усть-Илимского водохранилищ.

В обозримой перспективе в этом бассейне ожидается начало строительства ряда гидроузлов, из которых крупнейшими являются: Средне-Енисейский, работающий на объединенном стоке Енисея и Ангары (вариант переброски стока), Богучанский и Осиновский.

Реконструкция водных путей Ангаро-Енисейского бассейна позволит увеличить протяженность путей с гарантируемыми габаритами судового хода ориентировочно на 5 тыс. км и средне-гарантируемую глубину на основных транзитных путях бассейна более чем в полтора раза.

Около 10% общих капиталовложений приходится на Обь-Иртышский бассейн и бассейны Севера и Северо-Запада.

По бассейнам Севера и Северо-Запада основную часть капитальных вложений требуется направить на частичную реконструкцию существующих сооружений Волго-Балтийского водного пути и Беломорско-Балтийского канала, а также на транспортное освоение водохранилища Велико-Устюгского гидроузла и создание при нем судоходных сооружений.

На Днепре закончится сооружение гидроузлов, завершающих каскад, — Каневского и Киевского.

Большое значение для Днепровского бассейна имеет сооружение каналов Днепр — Кривой Рог и Днепр — Азовское море, а также создание бесперевалочного пути Днепр — Черное море — Дунай.

Транспортная эффективность сооружения соединений Днепр — Кривой Рог, Днепр — Азовское море и создания водного пути Днепр — Черное море — Дунай характеризуется сроком окупаемости дополнительных капиталовложений 4—5 лет.

Важным мероприятием является улучшение судоходных условий на Припяти с созданием глубоководного пути до Пхова. Нижне-Припятский гидроузел призван обеспечить экономичные транспортные связи БССР с районами РСФСР, Украинской ССР и Прибалтийскими советскими республиками. Возможное привлечение грузопотоков, которые могут быть освоены водным транспортом, оценивается в размере 16—19 млн. т. В этих усло-

виях эффективность гидроузла характеризуется сроком окупаемости дополнительных капиталовложений 4,0—5,5 лет.

Предполагается провести ряд мероприятий на реках Средней Азии и Казахстана.

В среднем относительная экономическая эффективность объектов строительства по развитию водных путей в этот период характеризуется сроками окупаемости дополнительных капитальных вложений в пределах 7—8 лет¹.

* * *

Важнейшим условием правильной экономической оценки водохозяйственных мероприятий должно стать введение платы за водные ресурсы. До настоящего времени таких экономических характеристик воды не существует. Введенные в некоторых случаях цены и тарифы на воду совершенно не учитывают стоимости воды как ресурса и, как правило, исходят из разнообразных принципов и мало обоснованы.

Отсутствие оплаты за водные ресурсы не позволяет определить эффективность капитальных затрат по ряду объектов и по водохозяйственным мероприятиям. На ряде производств из-за отсутствия учитываемых затрат по потребляемой и отводимой воде получается искаженное представление о себестоимости продукции, многие водохозяйственные системы работают без хозрасчета за счет финансирования по госбюджету.

Отсутствие цен и тарифов на воду приводит в настоящее время к неэкономному ее расходованию как в промышленности, так и в сельском хозяйстве, в то же время большие средства расходуются на дальнейшее увеличение мощностей водохозяйственных систем.

С учетом современного состояния экономической науки, имеющихся данных хозяйственных предприятий, плановых наметок и отчетности ЦСУ, вероятно, наиболее правильной является предлагаемая некоторыми учеными экономическая оценка естественных ресурсов на основе затрат, произведенных на их подготовку к использованию или на воспроизводство. С точки зрения определения трудовой стоимости ресурсов такая позиция бесспорна.

Академик С. Г. Струмилин писал [Л. 9]: «... едва ли кому-нибудь взбредет на ум устанавливать цены не освоенных еще никем земель в пустынях, океанских вод или атмосферного воздуха. Хозяйственный интерес для нас представляют только уже освоенные и осваиваемые блага природы... Все они приобретают цену

¹ Вопросы экономической эффективности капиталовложений в гидроэнергетическое строительство рассмотрены в гл. 4 настоящей работы.

своего освоения. А эти цены вполне определяются общественной стоимостью затрат по освоению таких благ. В каждом случае эти затраты сильно колеблются, в общих же итогах своего воспроизводства — подчиняются закону стоимости и нет никакой необходимости прибегать к каким-нибудь иным, искусственным методам и приемам такой оценки. Это справедливо в отношении всех осваиваемых благ природы». Использование этого принципа расчета затрат при освоении водных ресурсов позволит провести наиболее полное их сопоставление по районам и во времени.

В большинстве хозяйственно освоенных районов удовлетворение потребности в воде из водотока, находящегося в естественном состоянии, невозможно и для поддержания необходимого водного режима требуется регулирование, что заставляет народное хозяйство затрачивать значительные средства (материальные, трудовые, денежные).

В условиях, когда использование водных ресурсов требует затрат труда, вода приобретает стоимость и может рассматриваться, подобно топливу и добытым минералам, как своеобразное сырье. Однако вода из источника забирается потребителями в настоящее время бесплатно. Затраты общества на получение воды из источника в нужном объеме и режиме на себестоимости продукции не отражаются. Это обстоятельство приводит к ряду отрицательных последствий.

Как известно, основными показателями, которые дают возможность судить об эффективности производства, являются удельные капиталовложения и себестоимость. В настоящей работе предлагается определить эти показатели для воды в обустроенном водотоке путем прямого подсчета затрат, необходимых для создания и эксплуатации сооружений по регулированию и переброске стока. Что же касается определения показателей, связанных с доставкой воды от водотока к потребителю, то, на наш взгляд, эта задача довольно простая и уже решается во многих районах страны.

Определение размера капиталовложений и стоимости основных фондов для регулирования водотока в различных отраслях народного хозяйства — одна из наиболее трудоемких задач. Это вызвано тем, что раздельного учета их не производится. Еще труднее выделить капиталовложения и стоимость основных фондов, обеспечивающих регулирование стока для водоснабжения, так как большинство гидротехнических сооружений, осуществляющих регулирование водотока, имеют комплексный характер.

В числе участков водохозяйственного комплекса (ВХК) могут быть: водоснабжение (промышленное, городское, сельскохозяйственное), судоходство, энергетика, рыбное хозяйство, борьба с наводнениями и пр. При определении стоимости основных фондов, относящихся к водоснабжению, необходимо произ-

Таблица 3-20

Стоимость основных фондов, связанных с регулированием водотока
[ориентировочные данные]

Отрасли водного хозяйства	Современное состояние		Отдаленная перспектива	
	млрд. руб.	%	млрд. руб.	%
Гидроэнергетика	6,5—7,0	82	22—25	75
Водоснабжение	0,8—1,0	10	5,5—6,0	19
Водный транспорт	0,6	18	1,4—1,7	4,5
Рыбное хозяйство	0,05	—	0,5	1,5
Всего	7,9—8,6	100	29,4—33,2	100

вести распределение капиталовложений между всеми участниками ВХК¹.

Нами сделана попытка оценить действующие и проектируемые основные фонды, связанные с регулированием воды по участникам водохозяйственного комплекса. При определении величины основных фондов принято, что прирост основных фондов условно равен капиталовложениям (табл. 3-20).

Как видно из табл. 3-20, в перспективе на долю водоснабжения может приходиться до одной пятой капиталовложений в водное хозяйство.

Увеличение потребности в воде требует осуществления серьезных мероприятий по регулированию и переброске стока почти на всех реках Европейской части СССР, Урала, Средней Азии и Казахстана.

Связанные с этими мероприятиями капиталовложения по отдельным речным бассейнам составляют значительную величину, что видно из табл. 3-21.

Сумма затрат определяется различными факторами, важнейшими из которых являются водность и величина водотока, уровень экономического развития и направление хозяйственной специализации; климатические особенности района водотока. При большом разнообразии данных условий в различных районах страны введение единой по Советскому Союзу оценки водных ресурсов неприемлемо.

Такая оценка не позволит учесть местной специфики затрат, характерных для той или другой зоны или области. В связи с этим целесообразно подсчитать среднюю себестоимость воды по каждой зоне или району.

¹ Вопрос о методике распределения капиталовложений между участниками ВХК сложный и в настоящее время не имеет окончательного решения. Для расчета некоторых примеров нами принята методика института Гидропроект, по которой распределение капиталовложений между участниками комплекса производится пропорционально экономической эффективности для этих участников.

Таблица 3-21

Капиталовложения в регулирование речного стока по наиболее крупным речным бассейнам Советского Союза (ориентировочные данные)

Речной бассейн	Стоимость основных фондов, млрд. руб.	Речной бассейн	Стоимость основных фондов, млрд. руб.
Амударьинский	1,2	Днепровский	0,3
Сырдарьинский	0,6	Уральский	0,3
Волжский	0,9	Донской	0,2
Енисейский	0,4	Куринский	0,2

За основу водохозяйственного районирования СССР принят бассейн реки. По этому признаку вся территория Советского Союза может быть разделена на 20 районов.

В ряде случаев, когда бассейн реки охватывает большую территорию с существенными различиями в условиях водоснабжения — Обский, Енисейский и др., распространять экономические показатели, полученные для части бассейна на весь водоток неправомерно. По мере хозяйственного освоения территории страны потребуются произвести более дифференцированное водохозяйственное районирование.

В качестве критерия для оценки воды принимается степень зарегулированности водотока, бассейна или его части. Побасейновые данные о капитальных затратах и стоимости основных фондов позволяют при наличии нормативных данных определить ежегодные эксплуатационные издержки в регулируемом водотоке.

В результате анализа показателей действующих и проектируемых гидроузлов получены обобщенные нормативы для подсчета основных статей затрат, по которым определяются годовые эксплуатационные издержки: амортизационные отчисления — 1,4%, текущий ремонт — 1% полной сметной стоимости гидроузла без затрат на подготовку водохранилища; заработная плата — 0,05% полной сметной стоимости гидроузла; прочие затраты (на содержание автотранспорта, охрану труда, технику безопасности и т. д.) — 5% эксплуатационных затрат за вычетом амортизации. Указанные нормативы, несмотря на их условность, приняты как основа для укрупненных расчетов при определении ежегодных издержек, связанных с регулированием водотока.

Одной из наиболее трудных задач является определение объема воды, к которому следует отнести эти издержки. При расчете объема воды, направляемого на водопотребление, нельзя опираться, на наш взгляд, на количество используемой хозяйственным узлом или районом воды по следующим причинам: при снабжении водой используются также подземные воды;

при расчете потребности в воде учитываются и такие потребители, которые большую часть воды пропускают транзитом (например, ТЭС);

водоснабжение предприятия или района может осуществляться из нескольких бассейнов с разной степенью зарегулированности.

Наиболее целесообразно относить издержки к объему воды, подлежащей использованию по режиму, необходимому водопотребителям (V_n). Этот объем может быть определен исходя из данных об имеющихся водных ресурсах по формуле

$$V_n = \left(20\% + 50\% + \frac{V_{\text{пол}}}{V_{95}^r} \cdot 100\% \right) V_{95}^r, \quad (3-1)$$

где V_n — объем воды, подлежащей использованию по режиму водопотребления, млн. м^3 ;

$V_{\text{пол}}$ — полезный объем водохранилища, млн. м^3 ;

V_{95}^r — объем стока в маловодный год с 95-процентной обеспеченностью воды в створе регулирования (при наличии на водотоке каскада водохранилищ определяется как средняя величина объемов стока верхнего и нижнего створов регулирования), млн. м^3 .

Величина возможного использования стока в расчетный год в естественных условиях принята в зависимости от потребителя: 20% при использовании водотока для водоснабжения населения и промышленности и 50% — для орошения. Эти величины получены эмпирически и колеблются соответственно от 15 до 25% и от 40 до 60%.

Отнесение издержек U не к полному объему подлежащей использованию воды V_n , а к дополнительному полезному объему водохранилища может привести к путанице при взимании платы за воду.

Отсюда себестоимость воды S в источнике при его регулировании для водоснабжения определяется по формуле

$$S = \frac{U}{V_n}. \quad (3-2)$$

Полученная величина по существу отражает издержки общества на использование водных ресурсов для водопотребителей, поскольку она учитывает как возможности водотока, так и потребности района.

В ряде случаев полезный объем водохранилища определяется с учетом перспективных потребностей района в воде, значительно превышающих фактические. При этом себестоимость, определенная по всему зарегулированному стоку, не будет полностью компенсировать издержки. Фактические издержки могут быть определены, если вместо полезного объема водохранилища

подставить в формулу величину, характеризующую часть полезного объема, используемого в данный момент.

В случае переброски воды из другого бассейна себестоимость ее определяется по формуле

$$S_1 = S_2 + \frac{U}{V_{\text{пер}}}, \quad (3-3)$$

где S_1 — себестоимость перебрасываемой воды, коп/м³;

S_2 — себестоимость воды в бассейне, откуда ведется переброска, коп/м³;

U — издержки, связанные с переброской воды, коп.;

$V_{\text{пер}}$ — объем перебрасываемой воды, м³.

Себестоимость воды в районе переброски определяется как средневзвешенная между себестоимостью местной воды, подлежащей использованию, и перебрасываемой воды.

В настоящее время все большее распространение при сравнении различных вариантов использования ресурсов получает метод расчетных затрат, который учитывает капиталовложения и себестоимость. Лучший вариант характеризуется минимумом расчетных затрат: $\varepsilon K + S$.

Помимо капиталовложений K и себестоимости S , в формуле участвует ε — коэффициент экономической эффективности капиталовложений. Величина ε , рекомендуемая «Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР», принимается равной 0,12.

На основании расчетов получены ориентировочные средние технико-экономические показатели воды (табл. 3-22), как ресурса для ряда бассейнов. Систематизация водотоков по крупным экономическим районам показывает, что наибольших затрат требуют водные ресурсы в районах с развитой промышленностью (Центр, Урал) и сельским хозяйством (Юг, Средняя Азия, Северный Кавказ).

Указанные выше экономические показатели могут быть распространены на ту часть водотока (или бассейна), которая лежит выше последней регулирующей ступени. Зона оплачиваемого водоснабжения кончается там, где потребители могут удовлетворить свои потребности в воде без регулирования или специальных попусков¹.

Сопоставление расчетных затрат показывает, что на освоение и эксплуатацию водных ресурсов южных рек требуется в

¹ Расчет затрат на водные ресурсы приведен для водотока в целом. Однако, как правило, потребитель, расположенный в верховьях, получает более чистую воду, чем нижележащий, использующий хотя и очищенную, но с более низкими потребительскими качествами воду. Это обстоятельство, безусловно, должно учитываться путем некоторого перераспределения оплаты за воду по участкам при сохранении кумулятивной стоимости оплачиваемых водных ресурсов в данном водотоке.

Таблица 3-22

Ориентировочные экономические показатели воды
по важнейшим экономическим районам

Экономические районы	Рек	Себе- стоимость воды, коп/м ³	Удельные капитало- вложения, коп/м ³	Расчетные затраты, коп/м ³
Европейская часть СССР				
Центральный	Ока	0,065	2,89	0,40
	Москва	0,1	4,55	0,64
Уральский	Кама	0,019	0,85	0,12
	Уфа	0,082	3,63	0,50
	Тобол	0,090	4,05	0,57
Донецко-Приднепровский Юго-Западный, Южный Молдавская ССР	Днепр	0,081	3,1	0,45
	Десна	0,071	3,1	0,44
	Припять	0,081	3,3	0,48
	Днестр	0,082	3,4	0,49
	Южный Буг	0,088	3,7	0,53
Северо-Кавказский	Терек	0,106	4,29	0,62
	Кубань	0,1	4,49	0,64
	Дон	0,07	2,83	0,41
Закавказский	Кура	0,086	3,4	0,49
Северо-Западный	Северная Дви- на	0,007	0,19	0,03
	Печора	0,006	0,17	0,02
	Онега	0,023	0,91	0,13
Прибалтийский	Неман	0,065	2,6	0,38
	Западная Дви- на	0,017	0,54	0,08
Азиатская часть СССР				
Среднеазиатский	Амударья	0,091	3,97	0,57
	Сырдарья	0,069	3,01	0,43
Казахстанский Западно-Сибирский	Урал	0,14	6,47	0,91
	Чулым	0,010	0,43	0,06
	Томь	0,013	0,57	0,08
Восточно-Сибирский	Енисей	0,006	0,23	0,03
	Ангара	0,005	0,23	0,03
Дальневосточный	Амур	0,018	0,72	0,10

5—7 раз больше средств, чем на Волжский бассейн в целом, хотя на некоторых его притоках расчетные затраты уже в настоящее время весьма велики и возрастут в перспективе.

Расчетные затраты на освоение водных ресурсов Сибири в 3 раза меньше, чем на освоение водных ресурсов Волги. На наш взгляд, на первой стадии расчетов важно знать это соотношение. Учет этого обстоятельства позволит проектным и плани-

Таблица 3-23

Технико-экономические показатели воды в каналах

Канал	Себестоимость, коп/м ³	Удельные капитало- вложения, коп/м ³	Расчетные затраты (округленно), коп/м ³
Ока — Москва	0,68	9,51	1,6
Уфа — Чусовая	0,51	5,30	1,0
Иртыш — Караганда	1,16	14,75	1,6
Днепр — Донбасс	1,14	16,20	2,8
Каракумский	0,60	11,40	1,7

рующим организациям более квалифицированно решать вопросы, связанные с размещением производительных сил страны.

Особенно неблагоприятны технико-экономические показатели водных ресурсов в районах с переброской стока по каналам или водотокам. Имеются два варианта переброски: межбассейновая — из одного водотока в другой и (условно) односторонняя, когда вода забирается из водотока для снабжения хозяйства безводного района (табл. 3-23). К первому типу относятся, например, каналы Волга — Дон, Волга — Москва, Ока — Москва, ко второму — каналы Иртыш — Караганда, Днепр — Донбасс, Каракумский. Сооружение канала значительно увеличивает затраты на воду.

Имеются предложения включить в оплату воды в источнике, помимо затрат на регулирование стока и мероприятия по переброске стока из других бассейнов, общегосударственные затраты, связанные с изучением и охраной водных ресурсов.

Считая включение таких затрат в оценку водных ресурсов правомерным, необходимо все же отметить, что они также должны быть дифференцированы по районам и водотокам, так как условия изучения и охраны совершенно различны. Кроме того, необходимо четко представить себе, какие затраты входят в эту статью, во избежание повторного учета затрат при определении затрат за спуск сточных вод.

Основываясь на данных себестоимости воды, можно перейти к определению цены воды в источнике и перевести эту отрасль на хозрасчет.

При установлении цены на воду требуется соблюдать ряд условий, в частности: цена на воду должна стимулировать ее экономию, внедрение водооборота, кроме того, цену на воду следует учитывать при исчислении себестоимости продукции.

Цену на воду целесообразно периодически менять, так как с ростом водопотребления неминуемо дополнительное регулирование.

Учитывая, что срок строительства крупных регулирующих систем и устройств составляет 8—10 лет, цена на воду также должна пересматриваться примерно каждые 10 лет.

Установление платы за воду потребует некоторых материальных затрат, поэтому ее введению должны предшествовать тщательная и всесторонняя подготовка.

Введение экономических показателей для воды в источнике позволяет подойти к решению другого, не менее важного для сохранения водных ресурсов вопроса: установлению платы за сброс использованной воды.

Существующим законодательством предусматривается очистка до санитарных норм всех сбрасываемых в водоемы сточных вод. Однако последние, даже после их очистки, отличаются от природных вод содержанием загрязняющих веществ, которые снижают их потребительскую стоимость. В связи с этим возникли предложения об установлении платы за сброс воды, приводящий к механическому, химическому или тепловому загрязнению водоемов. Величина платы за сброс очищенных промышленных и хозяйственно-фекальных вод должна быть определена по стоимости мероприятий по доочистке или разбавлению воды, способствующих восстановлению потребительной стоимости.

Величину платы за сброс сточных вод можно определить двумя способами: плата за кубический метр сточной воды приравнивается к себестоимости воды, необходимой для разбавления ее до естественного состояния, либо определяется издержками на альтернативный вариант, также позволяющий восстановить ее естественные качества.

В первом случае оплата загрязненной воды может производиться по формуле

$$P = nS_{\text{ч.в.}}, \quad (3-4)$$

где P — плата за 1 м^3 сточных вод;

n — объем чистой воды, необходимой для разбавления 1 м^3 загрязненной воды;

$S_{\text{ч.в.}}$ — себестоимость чистой воды, применяемой для разбавления, определенная по формуле (3-2).

Удельные капиталовложения в очистку по этому варианту определяются выражением

$$K_{\text{уд.оч}} = K_{\text{уд.ч.в.}} \cdot n, \quad (3-5)$$

где $K_{\text{уд.оч}}$ — капиталовложения на очистку 1 м^3 воды; $K_{\text{уд.ч.в.}}$ — капиталовложения на 1 м^3 чистой воды.

Во втором случае расчет ведется по формуле

$$P = \frac{U_{\text{а}}}{V_{\text{сточ}}}; \quad (3-6)$$

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{а}}}{V_{\text{сточ}}}, \quad (3-7)$$

где $U_{\text{а}}$ и $K_{\text{а}}$ — издержки и капиталовложения, характерные для альтернативного варианта, позволяющего сохранить воду в ее естественном состоянии.

Таблица 3-24

Технико-экономические показатели оплаты за сброс воды
по ряду отраслей химической промышленности

Продукция	Крат- ность раз- бавления	Расчетные затраты на оплату 1 м ³ стока ¹ , коп.	Продукция	Крат- ность раз- бавления	Расчетные затраты на оплату 1 м ³ стока ¹ , коп.
Волокно нитрон	185	83/5,6*	Поливинилхлорид	23	10,4/0,7
Шелк лавсан	185	83/5,6	Этилен	29	13,1/0,9
Полиэтилен	29	13,1/0,9	Кальцинированная сода	10	4,5/0,3
Полистирол	28	12,6/0,8			

¹ Расчет сделан из предположения, что разбавляющая вода не содержит отходов, характерных для сточных вод названной продукции.

* При расположении производства на юге страны — в числителе, в Восточной Сибири — в знаменателе.

В настоящее время трудно предложить конкретные мероприятия, которые могли бы рассматриваться как альтернативные. В качестве примера можно назвать: при тепловом загрязнении — устройство прудов-охладителей, градирен и т. п.; при физическом и химическом — отвод загрязненных стоков в другие районы или закачивание их в глубокие скважины, образуемые при поисковом бурении. В некоторых случаях может быть предложен даже перенос предприятия.

Все это, безусловно, должно стать предметом дальнейших проработок, более глубокого изучения и подразумевает выработку критериев, при помощи которых может быть определена степень загрязнения сточных вод.

Плата за сброс сточных вод должна дифференцироваться по отраслям, а в таких отраслях, как химическая, цветная металлургия, легкая, пищевая, — по продукции, так как характер и степень загрязнения вод в значительной степени зависят от вида выпускаемой продукции. В табл. 3-24 приведены затраты на оплату сточных вод по некоторым видам химической продукции.

Следует отметить, что плата за спуск сточных вод по количеству чистой воды, необходимой для ее разбавления, имеет много сторонников. Однако такая оценка возможна только при условии, если к этому еще будет осуществлена систематизация водоемов по степени и характеру современной загрязненности, систематизация различных видов стоков по видам загрязнения. Только имея эти данные, можно более правильно определить водоотводящую (разбавляющую) способность водотока и действительное количество воды, необходимое для разбавления.

Очевидно, она будет в несколько раз выше, чем это показано в таблице, где в качестве разбавляющей воды принимается условно чистая вода.

Введение платы за водные ресурсы и спуск сточных вод позволит несколько упорядочить количественную и качественную стороны использования водных ресурсов.

Совершенно другие экономические характеристики необходимы для определения оптимального режима подачи воды, что особенно важно в условиях комплексного использования водных ресурсов.

Работы по решению этой проблемы в последние годы заметно активизировались и ведутся в ряде проектных и научных организаций, однако проводимые в этом направлении работы в настоящее время еще не завершены.

Тем не менее в научной литературе приводятся некоторые, хотя и не однозначные, предварительные рекомендации. Наиболее глубоко этот вопрос изучался в Энергетическом институте имени Г. М. Кржижановского под руководством доктора техн. наук М. П. Фельдмана. Основные выводы этих работ сводятся к следующему:

Критерием оптимизации режимов использования водных ресурсов или распределения их между отдельными отраслями хозяйства является минимум общественных затрат. Эти затраты необходимо израсходовать для создания продукции всех видов производства и оказания материальных услуг на базе комплексного использования водных ресурсов для различных целей. Денежным выражением общественных затрат являются так называемые расчетные затраты.

Режим использования водных ресурсов (распределение их во времени между компонентами) зависит от водности года или периода, от отметки наполнения водохранилищ и относительно-го размера их регулирующей емкости, а также от масштаба требований, предъявляемых к ним каждым отдельным компонентом, и степени их совпадения во времени. В условиях, когда планируемый объем продукции и материальные услуги, созданные на базе использования водных ресурсов, могут быть нарушены в отдельные маловодные годы по ВХК в целом или для отдельных его компонентов, возникает необходимость в привлечении дополнительных ресурсов (объектов) или в создании дополнительных резервов продукции, сырья и мощности. В этих условиях в состав затрат по ВХК включаются также затраты по дополняющим его объектам или по создаваемым резервам. При недостаточности дополняющих объектов или резервов материальный баланс сводится с дефицитом. Размер дефицита продукции в перебойные годы равен разности между объемом планируемой (гарантированной) продукции и теми ее объемами, которые вырабатываются в перебойные годы и могут быть получены за счет резервов (или дополняющих объектов).

Соответственно денежная оценка дефицита водных ресурсов каждого из компонентов ВХК определяется размером ущерба, наносимого им народному хозяйству.

Однако при использовании водных ресурсов оценка ущербов может быть осуществлена по разной методике вследствие того, что экономические последствия дефицита водных ресурсов скажутся двояко. Дефицит, компенсируемый резервом, требует дополнительных затрат для образования резервов (мощности, ресурсов, продукции) и для хранения переходящих запасов последних. Дефицит, не компенсируемый резервом, вызывает народнохозяйственный ущерб. Он измеряется стоимостью потерь, возникающих непосредственно у компонентов ВХК и косвенно в связанных с ними отраслях производства.

По существу эта же методика и экономическая характеристика должны быть использованы при решении задачи оптимального распределения водных ресурсов при их дефиците.

Однако и здесь имеются различные мнения по учету ущерба. Выдвигаются предложения учитывать ущерб по чистому доходу. Следует обратить внимание еще на одну сложность, возникшую при оценке ущерба, — разновременность его наступления.

Так, для сельского хозяйства он ощущается через полгода, а для рыбного хозяйства скажется через несколько лет.

Безусловно, что высказанные различными авторами мнения являются предварительными. Учитывая сложность вопроса и недостаточность проработок, необходимо проводить дальнейшее глубокое и продолжительное исследование всех аспектов данной проблемы и проверку на фактическом материале.

Решение этих и других не менее важных проблем (см. гл. 5) создаст прочные основы для экономической оценки крупных водохозяйственных мероприятий, которые предстоит осуществить в нашей стране.

Литература

1. Гангардт Г. Г., Водохозяйственный баланс и загрязненность речных бассейнов Дальнего Востока, сб. «Изучение и освоение рек Дальнего Востока», изд-во «Наука», 1969.
2. Гидроэнергетика и комплексное гидротехническое строительство за 50 лет Советской власти, Труды Гидропроекта, сб. № 16, изд-во «Энергия», 1969.
3. Зюзик Д. Т., Экономика водного хозяйства, изд-во «Колос», 1966.
4. Озиранский С. Л., Плата за водные ресурсы, «Вопросы экономики», 1968, № 8.
5. Разин Н. В., Человек и вода, «Октябрь», 1966, № 12.
6. Разин Н. В., Гангардт Г. Г., Использование и охрана водных ресурсов СССР, «Гидротехническое строительство», 1967, № 6.
7. Соболев С. С., Защита почв от эрозии, ВАСХНИЛ, 1964.
8. Страна Советов за 50 лет, Сб. статистических материалов, изд-во «Статистика», 1967.
9. Струмилин С. Г., О цене даровых благ, «Вопросы экономики», 1967, № 8.
10. Фельдман М. П. и др., Выбор режима и параметров гидроузлов комплексного использования водных ресурсов, сб. «Оптимизация режимов комплексного использования водных ресурсов», изд-во «Наука», 1969.
11. Энергетические ресурсы СССР, Гидроэнергетические ресурсы, изд-во «Наука», 1967.

Роль гидроэлектростанций в развитии энергетики

4

4-1

Современное состояние гидроэнергетики

Уровень развития гидроэнергетики

Гидроэнергетика занимает видное место в электроэнергетике страны как по установленной мощности гидроэлектростанций, так и по размерам вырабатываемой ими электроэнергии (табл. 4-1).

Доля СССР в общемировой гидроэнергетике равна примерно 10—11% (табл. 4-2).

По величине установленной мощности на действующих гидроэлектростанциях СССР занимает второе место в мире после США; по производству электроэнергии на гидростанциях — третье после США и Канады (табл. 4-3).

Темпы развития гидроэнергетики резко возросли в послевоенный период, причем одновременно возрастал удельный вес гидроэнергетики и в мощности электростанций и в выработке электроэнергии (рис. 4-1).

Кривая, характеризующая изменения удельного веса ГЭС в общей мощности электростанций страны, имеет сравнительно плавный ход. Отдельные колебания этой кривой по годам явля-

Таблица 4-1

Мощность гидроэлектростанций СССР и количество
вырабатываемой ими электроэнергии

Показатели	Годы				
	1965	1966	1967	1968	1969
Установленная мощность, млн. кВт	22,2	23,1	24,8	27,1	29,7
Выработка электроэнергии, млрд. кВт·ч	81,4	91,8	88,6	104,0	115,2
Удельный вес в электробалансе страны, %:					
млрд. кВт·ч	19,3	18,8	18,8	19,2	19,5
по выработке электроэнергии	16,1	16,8	15,1	16,3	16,7

Таблица 4-2

Мощность и выработка гидроэлектростанций в мире

Показатели	Годы				
	1965	1966	1967	1968	1969
Установленная мощность ГЭС, млн. кВт	217,4	227,2	241,2	253,4	—
Выработка электроэнергии на ГЭС, млрд. кВт·ч	873	923	992	1 001	1 045
Удельный вес ГЭС в электроэнергетике мира, %:					
по мощности	27,9	27,2	27,0	26,5	—
по выработке электроэнергии	26,0	26,1	26,2	24,4	23,6
Доля СССР в общей выработке электроэнергии на ГЭС мира, %	9,3	9,8	8,9	10,0	10,9

ются следствием неравномерности ежегодных вводов мощностей как на гидростанциях, так и на тепловых электростанциях. В целом эта кривая отражает тенденции, которые имели место в отношении формирования структуры генерирующих мощностей

Таблица 4-3

Установленная мощность и выработка электроэнергии гидроэлектростанциями в СССР, США и Канаде

Страна	Установленная мощность, млн. кВт				
	Годы				
	1965	1966	1967	1968	1969
США	44,48	45,62	48,04	51,0	54,1*
СССР	22,24	23,08	24,81	27,1	29,7
Канада	21,77	22,43	23,40*	25,0	—

Продолжение табл. 4-3

Страна	Выработка электроэнергии ¹ , млрд. кВт·ч				
	Годы				
	1965	1966	1967	1968	1969
США	197,0	197,6	223,4	225,6	238,0
СССР	81,4	91,8	88,6	104,0	115,2
Канада	117,1	129,8	133,3	138,0	151,0

* Данные предварительные.

¹ По США и Канаде приведена величина отпуска с шин, по СССР — валовая выработка.

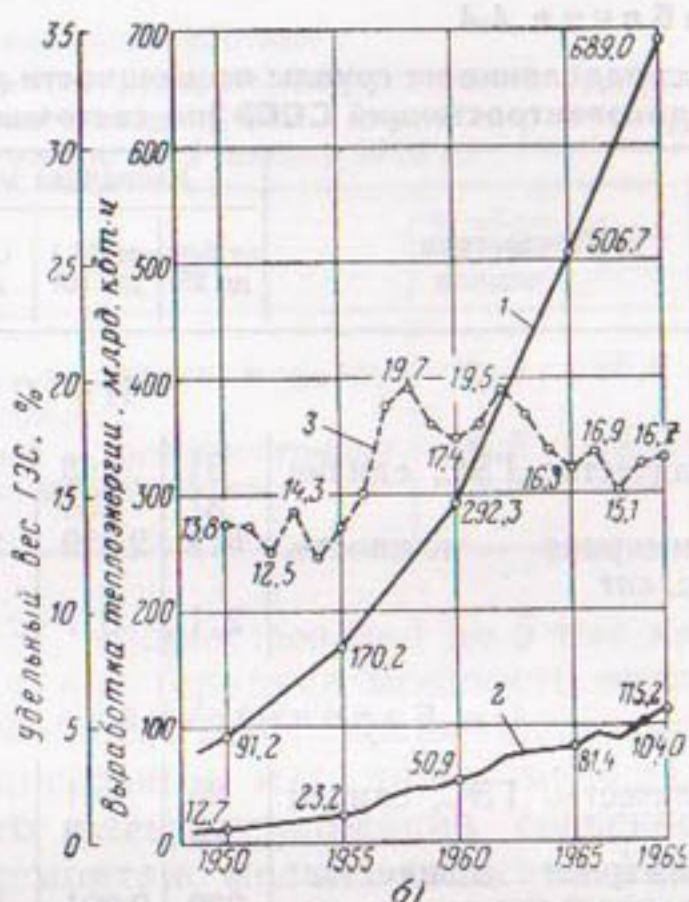
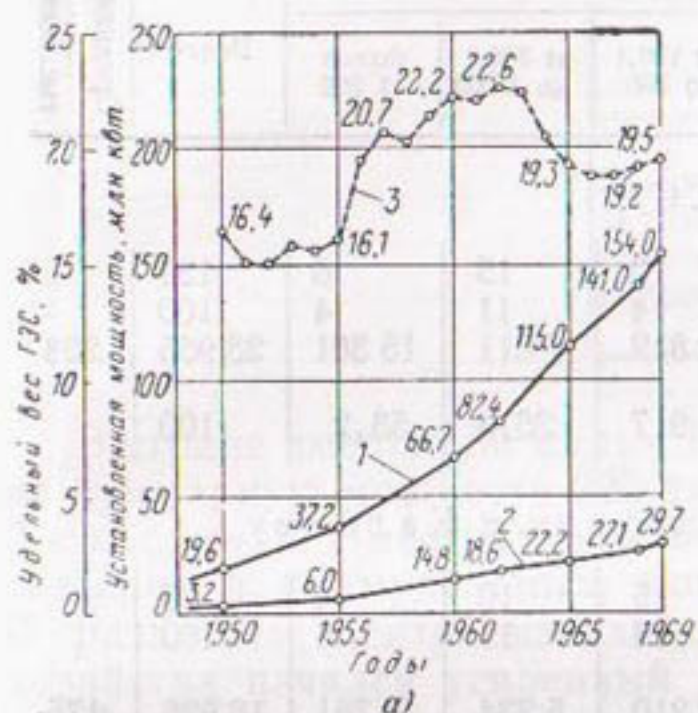


Рис. 4-1. Изменение удельного веса гидроэлектростанций СССР в мощности [а] и в выработке электроэнергии [б].

1 — мощность и выработка электроэнергии всеми электростанциями; 2 — мощность и выработка электроэнергии гидроэлектростанциями; 3 — удельный вес гидроэлектростанций.

электростанций нашей страны. До 1963 г. отмечалось постепенное увеличение доли ГЭС в мощности электростанций (до 22,6%), затем произошел спад, и теперь она составляет около 19%.

Другая кривая, изображенная на рис. 4-1, характеризующая долю участия ГЭС в общей выработке электроэнергии в стране, имеет более извилистый характер, так как она отражает не только неравномерность ввода мощностей на гидравлических и тепловых электростанциях, но и изменения водности в различные годы. К примеру в маловодный 1967 г. доля ГЭС в выработке электроэнергии снизилась с 16,8% (1966 г.) до 15,1%, хотя доля ГЭС в мощности электростанций осталась практически неизменной. Число часов использования установленной мощности на ГЭС по стране в целом колебалось из года в год в незначительной степени — в пределах 3 600—3 900.

Промышленно-производственные основные фонды гидроэнергетики

Основной фонд советской гидроэнергетики составляют 139 гидроэлектростанций мощностью свыше 5 тыс. кВт каждая, суммарной мощностью на начало 1970 года около 29 млн. кВт, т. е.

Таблица 4-4

Распределение на группы по мощности действующих
гидроэлектростанций СССР (по состоянию на начало 1970 г.)

Показатели	Единичная мощность ГЭС, тыс. <i>квт</i>					Всего	Средняя мощность, тыс. <i>квт</i>
	от 5,1 до 25	от 25,1 до 100	от 100,1 до 300	от 300,1 до 1 000	более 1 000		
По СССР							
Количество ГЭС, единиц	51	48	19	15	6	139	208
%	37	34	14	11	4	100	
Суммарная мощность, тыс. <i>квт</i>	612	2 529	2 842	7 611	15 361	28 955	
%	2,1	8,7	9,7	26,3	53,2	100	
По Европейской территории и Кавказу							
Количество ГЭС, единиц	25	41	15	10	4	95	175
%	26	43	16	11	4	100	
Суммарная мощность, тыс. <i>квт</i>	330	2 091	2 210	5 234	6 761	16 626	
%	2,0	12,6	13,3	31,5	40,6	100	
По Азиатской территории							
Количество ГЭС, единиц	26	7	4	5	2	44	280
%	59	16	9	11	5	100	
Суммарная мощность, тыс. <i>квт</i>	282	438	632	2 377	8 600	12 329	
%	2,3	3,6	5,1	19,0	70,0	100	

98% установленной мощности всех гидравлических электростанций страны. Распределение их на группы по мощности приведено в табл. 4-4.

Наиболее крупные гидроэлектростанции сосредоточены на востоке страны. Средняя мощность ГЭС по Сибири и Дальнему Востоку равна 1 320 тыс. кВт. Наименьшая средняя мощность ГЭС — в Средней Азии и Южном Казахстане — 37 тыс. кВт, затем на Северном Кавказе и в Закавказье — 42 и 60 тыс. кВт соответственно.

Около 80% всей мощности ГЭС сосредоточено на крупных гидроэлектростанциях мощностью более 300 тыс. кВт каждая.

Самыми крупными ГЭС нашей страны и мира на уровне 1970 г. являются:

Красноярская	5 000 тыс. кВт
Братская имени 50-летия Велико- го Октября	4 100 тыс. кВт
Волжская имени XXII съезда КПСС	2 541 тыс. кВт
Волжская имени В. И. Ленина	2 300 тыс. кВт

Таблица 4-5

Доля электроэнергетики
в промышленно-производственных
основных фондах СССР
по состоянию на 1 января 1968 г.

Показатели	% обще- союзных фондов	Млрд. руб.
Электроэнергетика в целом	15,3	26,9
В том числе:		
тепловые электростанции	6,8	12,0
гидроэлектростанции	3,3	5,8

В стране имеется 90 малых ГЭС мощностью от 1 до 5 тыс. кВт на суммарную мощность 220 тыс. кВт (средняя мощность около 2,4 тыс. кВт). Имеется большое число ГЭС, преимущественно сельских и коммунальных, мощностью 1 тыс. кВт и меньше¹. С развитием централизованного электроснабжения сельского хозяйства начался усиленный демонтаж мелких сельских ГЭС.

Преобладающая часть крупных, средних и малых ГЭС находится в эксплуатации Минэнерго СССР, степень централизации гидроэнергетики равна 98%.

Об удельном весе гидроэнергетики в промышленно-производственных основных фондах страны и в отрасли «электроэнергетика» можно судить по данным табл. 4-5.

В промышленно-производственных фондах электроэнергетики гидроэлектростанции составляют 21,6%.

Необходимо отметить, что основные гидроэлектростанции страны являются комплексными объектами. Поэтому основные фонды гидроэлектростанций, находящиеся на балансе Минэнерго СССР, фактически решают не только энергетические, но и целый ряд народнохозяйственных проблем.

Распределение гидроэлектростанций по союзным республикам приведено в табл. 4-6.

Свыше 80% всей установленной гидравлической мощности страны сосредоточено в Российской Федерации и на Украине. Однако, несмотря на относительно малый удельный вес остальных союзных республик, во многих из них гидроэнергетика занимает сравнительно большое место в народном хозяйстве республики. Так, например, в Армянской ССР гидроэнергетике принадлежит 18,7% промышленно-производственных основных фондов республики, в Таджикской ССР — 15,3%, в Грузинской ССР — 13,3%, в Киргизской ССР — 12,6%, в Латвийской — 8,7%, в Узбекской — 7,7%.

¹ Среди них первая в СССР экспериментальная приливная Кислогубская электростанция, расположенная на Мурманском побережье Баренцева моря, на которой в 1968 г. пущен первый агрегат мощностью 400 кВт.

Таблица 4-6

Установленная мощность гидроэлектростанций на 1/1 1970 г.

Союзная республика и экономический район	Установленная мощность всех ГЭС		Установленная мощность ГЭС крупнее 5 тыс. кВт	
	тыс. кВт	%	тыс. кВт	%
СССР	29 664	100	28 955	100
Европейская часть и Кавказ	17 074	57,5	16 626	57,5
Азиатская часть	12 590	42,5	12 329	42,5
Союзные республики:				
РСФСР	21 896	74,0	21 598	74,7
В том числе районы:				
Северо-Западный	2 028	6,9	1 930	6,7
Центральный, Поволжский, Ураль- ский	8 915	30,0	8 874	30,8
Северо-Кавказский	819	2,8	737	2,5
Сибирский и Дальневосточный	10 134	34,3	10 057	34,7
Украинская ССР	2 460	7,9	2 449	8,5
Белорусская ССР	10	0,3	—	—
Узбекская ССР	560	1,9	504	1,7
Казахская ССР	1 230	4,1	1 199	4,1
Грузинская ССР	770	2,6	718	2,5
Азербайджанская ССР	400	1,3	376	1,3
Литовская ССР	100	0,3	90	0,3
Молдавская ССР	45	0,2	44	0,15
Латвийская ССР	900	3,0	893	3,1
Киргизская ССР	240	0,8	211	0,7
Таджикская ССР	420	1,4	410	1,4
Армянская ССР	625	2,1	609	2,1
Туркменская ССР	6	—	—	—
Эстонская ССР	2	—	—	—

За последние три года промышленно-производственные основные фонды гидроэнергетики увеличивались за счет преобладающего ввода мощностей на востоке страны (табл. 4-7).

Структура промышленно-производственных фондов электроэнергетики приведена в табл. 4-8.

Фонды длительного действия составляют в гидроэнергетике около 80%, а в тепловых электростанциях около 40%; более бы-

Таблица 4-7

Вводы мощностей на гидроэлектростанциях за 1966—1969 гг. (млн. кВт)

Районы	Годы			
	1966	1967	1968	1969
В целом по СССР	0,85	1,70	2,25	2,60
В том числе:				
на Европейской территории и Кавказе	0,53	0,55	0,59	0,60
в восточных районах	0,32	1,15	1,66	2,00

Таблица 4-8

Структура промышленно-производственных фондов электроэнергетики (%)

Показатели	Здания	Сооружения	Передачи	Оборудование	Приборы, аппаратура	Транспорт	Прочее
Электроэнергетика в целом	14	24	26	34	0,6	0,6	0,8
В том числе:							
тепловые электростанции	20	16	8	54	1,0	0,5	0,5
гидроэлектростанции	15	61	6	17	0,1	0,2	0,7

стро амортизируемые элементы (оборудование и приборы) составляют в структуре фондов ГЭС 17%, а в тепловых электростанциях — 55%.

Эксплуатационные характеристики гидроэлектростанций

Режим работы ГЭС характеризуется числом часов использования установленной мощности, которое в целом по стране за последние годы было довольно устойчивым (табл. 4-9).

Преобладающая часть гидроэлектростанций работает в диспетчеризованных энергосистемах: в 1965 г. — 19 млн. кВт (86% всех ГЭС); в 1968 г. — 23,3 млн. кВт (86% всех ГЭС).

Диспетчеризацией охватываются гидроэлектростанции, находящиеся в сфере действия: Единой энергосистемы Европейской части СССР (ЕЕЭС), включающей районы Северо-Запада, Центра, Поволжья, Урала, Юга и Северного Кавказа; Объединенной энергосистемы Закавказья (ОЭС Закавказья); Объединенной энергосистемы Центральной Сибири (ОЭСЦС) и ОЭС Средней Азии.

Во всех энергосистемах гидроэлектростанции используются преимущественно в резко переменной части графика нагрузки, за исключением паводковых сезонов, когда они работают в базисном режиме. Сезонные изменения в работе ГЭС по стране характеризуются показателями, приведенными в табл. 4-10.

Таблица 4-9

Число часов использования установленной мощности гидроэлектростанций

Годы	1965	1966	1967*	1968	1969
Число часов	3 650	3 940	3 580	3 840	3 880

* Маловодный год.

Таблица 4-10

Выработка электроэнергии гидроэлектростанциями
по месяцам и кварталам ¹

Месяц	% годов- вой вы- работки	Квартал	% годов- вой вы- работки	Месяц	% годов- вой вы- работки	Квартал	% годов- вой вы- работки
Январь	7,2	I	20,9	Июль	9,7	III	27,1
Февраль	6,8			Август	9,1		
Март	6,9			Сентябрь	8,3		
Апрель	7,7	II	28	Октябрь	8,3	IV	24
Май	10,5			Ноябрь	7,7		
Июнь	9,8			Декабрь	8,0		

¹ Данные за послевоенный период.

Сезонная неравномерность выработки ГЭС неодинакова для всех районов.

В ряде энергосистем гидроэлектростанции составляют базу энергетики и несут почти всю основную нагрузку. Так, в Кольской энергосистеме число часов использования мощности ГЭС составляет свыше 5 000, а тепловых электростанций — менее 2 000 в год. В ОЭС Центральной Сибири число часов использования мощности ГЭС и тепловых электростанций почти одинаково: первых — около 4 200, вторых — около 4 600 ч в год.

Почти все ГЭС, за очень малым исключением, используются на полную номинальную мощность при прохождении максимума нагрузок, причем многие ГЭС участвуют в покрытии максимума повышенной мощностью. В табл. 4-11 приведены данные за 1965 г. по ряду крупных ГЭС.

Гидроэлектростанции широко используются в режиме синхронного компенсатора для выработки реактивной мощности. Например, гидроэлектростанции Днепровского каскада используются в режиме синхронного компенсатора мощностью 2 360 тыс. *квар* с выработкой 4 250 млрд. *квар · ч*, т. е. в течение 2 200 ч в год.

Маневренность в использовании ГЭС в системе обеспечивается как бассейнами суточного регулирования, так и значительными емкостями сезонного и годового регулирования. Эффект последнего увеличивается в связи с тем, что многие гидроэлектростанции работают в каскадах.

Гидроэлектростанции Кольской и Карельской энергосистем располагают полезной емкостью водохранилищ около 5 млрд. *квт · ч*, что обеспечивает многолетнее регулирование стока. Число часов использования мощности за счет аккумулированной энергии составляет свыше 4 000.

Волжско-Камский каскад ГЭС располагает полезной емкостью водохранилищ с энергетическим эквивалентом примерно

Таблица 4-11

Степень использования мощности гидроэлектростанций в покрытии максимума нагрузок [1965 г.]

Гидроэлектростанция	Мощность, тыс. кВт		%	
	установ- ленная	исполь- зуемая в максимуме	превыше- ния мощ- ности	недонс- пользова- ния мощ- ности
Угличская	110	116	6	—
Рыбинская	330	363	10	—
Волжская имени В. И. Ленина	2 300	2 367	3	—
Камская	504	565	13	—
Воткинская	1 000	1 040	4	—
Павловская	166,4	200	20	—
Кременчугская	625	685	10	—
Волжская имени XXII съезда КПСС	2 541	2 440	—	4*
Цимлянская	204	166	—	19*
Каховская	351	300	—	14*

* Ограничения по напорам.

10 млрд. кВт·ч, что обеспечивает сезонное регулирование. Число часов использования мощности за счет аккумулированной энергии составляет около 1 200.

Днепровский каскад ГЭС располагает аккумулированной энергией на 2,4 млрд. кВт·ч, что по отношению к мощности дает лишь 800 ч. Степень и характер использования мощности ГЭС в энергосистемах характеризуется данными табл. 4-12.

На гидроэлектростанциях сосредоточено около 40% всей резервной мощности энергосистем. Отличительной особенностью ГЭС является меньшая аварийность — почти в 3 раза по сравне-

Таблица 4-12

Использование мощности гидроэлектростанций в энергосистемах [%]

Наименование	ГЭС	ТЭС
В работе	71,1	78,7
В резерве	18,3	6,8
В ремонте и реконструкции	9,7	13,0
Аварии и простои	0,9	0,9
Прочее	0,8	0,6
Всего	100,0	100,0

Таблица 4-13

Производственная себестоимость электроэнергии по некоторым гидроэлектростанциям за 1968 г.

Гидроэлектростанция	Тип ГЭС	Мощность, тыс. кВт	Производственная себестоимость электроэнергии, коп/квт·ч
Братская имени 50-летия Великого Октября	Приплотинная	4 100	0,052
Волжская имени В. И. Ленина	»	2 300	0,102
Воткинская	»	1 000	0,149
Днепровская имени В. И. Ленина	»	650	0,062
Иркутская	»	660	0,062
Кременчугская	»	625	0,202
Горьковская	»	520	0,155
Новосибирская	»	400	0,128
Усть-Каменогорская	»	331,2	0,061
Свирские (каскад)	Приплотинные	269,1	0,162
Чирчикские (каскад)	Деривационные	206	0,172
Нижне-Бозсуйские (каскад)	»	102	0,273
Храмские (каскад)	»	223	0,355
Эзминская	»	45	0,124
Волховская имени В. И. Ленина	Приплотинная	66	0,152

нию с тепловыми электростанциями. Этот фактор — в равной степени эксплуатационный и экономический.

Производственная себестоимость электроэнергии на ГЭС в целом по стране составляет около 0,14 коп/квт·ч (в 1966 г. — 0,136 коп/квт·ч; в 1967 г. — 0,145 коп/квт·ч; в 1968 г. — 0,137 коп/квт·ч), что в 5 раз (1966 г.) и в 6 раз (1968 г.) ниже себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях (в среднем за последние пять лет — в 5 раз ниже).

Данные по себестоимости электроэнергии на отдельных ГЭС довольно пестры. В табл. 4-13 приведены данные о производственной себестоимости электроэнергии в 1968 г. по отдельным ГЭС различных типов и мощности, расположенных в различных географических зонах.

Себестоимость на ГЭС определяется на 85% затратами на амортизацию и на 5% издержками по заработной плате.

Расход электроэнергии на собственные нужды на ГЭС составляет в среднем около 0,3%, против 7,3% на ТЭС, т. е. в 24 раза меньше. По отдельным ГЭС расход электроэнергии на собственные нужды находится в пределах от 0,19% (на ангарских ГЭС) до 0,54% (на ГЭС Армении).

Развернутые экономические характеристики гидроэлектростанций (капиталоемкость, себестоимость энергии, рентабельность, топливный эффект, экономия трудовых ресурсов за счет гидроэнергетики и др.) излагаются в § 4-4.

В строительстве на начало 1970 г. находились 33 гидроэлектростанции (мощностью свыше 5 тыс. кВт каждая) с суммарной проектной мощностью 36,6 млн. кВт, из которых на 1/1 1970 г. уже введено 10,35 млн. кВт и в строительном заделе находится 26,25 млн. кВт. В табл. 4-14 дано распределение этих ГЭС по территории СССР.

В строительстве находятся гидроэнергетические гиганты: Саяно-Шушенская ГЭС мощностью 5,3 млн. кВт, с возможностью развития до 6,40 млн. кВт; Усть-Илимская ГЭС мощностью 3,6 млн. кВт, с возможностью развития до 4,32 млн. кВт; Нурекская ГЭС — 2,70 млн. кВт; Ингурская ГЭС — 1,63 млн. кВт¹; Токтогульская ГЭС — 1,20 млн. кВт; Нижне-Камская ГЭС — 1,08 млн. кВт; Зейская ГЭС — 1,505 млн. кВт; Чиркейская ГЭС — 1,00 млн. кВт. В 1968 г. начаты работы по сооружению Чебоксарской ГЭС — 1,40 млн. кВт.

Эти девять ГЭС каждая мощностью 1 млн. кВт и более составляют суммарную мощность 19,5 млн. кВт (или 80% мощности всех строящихся ГЭС), а с учетом возможного развития мощности на некоторых из них — 21,3 млн. кВт.

В числе строящихся первая в СССР гидроаккумулирующая электростанция — Киевская ГАЭС мощностью 225 тыс. кВт.

В европейской части страны сооружаются пиковые ГЭС с числом часов использования около 2460; в Сибири и на Дальнем Востоке строящиеся ГЭС характеризуются 4250 часами использования установленной мощности.

Осуществляется строительство последних звеньев Волжско-Камского каскада — Чебоксарской и Нижне-Камской ГЭС. Этим будет завершена транспортная реконструкция Волги на длине 3500 км и Камы на длине 1500 км. На всем этом протяжении установятся единые глубины. Волга и Кама превратятся в глубоководную транспортную сверхмагистраль, которая системой существующих судоходных каналов обеспечит связь между Москвой, Ленинградом, портами Каспийского, Азовского, Черного, Белого и Балтийского морей.

Осуществляется строительство последнего звена Днепровского каскада ГЭС — Каневской ГЭС. После его завершения на всем протяжении от Киева до Черного моря будут обеспечены единые глубины на Днепровской воднотранспортной магистрали, которая в дальнейшем будет продолжена через Неман до Балтийского моря.

В Средней Азии осуществляется строительство трех крупнейших ирригационно-энергетических гидроузлов: Чарвакского на р. Чирчик, Токтогульского на р. Нарын и Нурекского на р. Вахш.

¹ С учетом Перепадных ГЭС № 1—4.

Таблица 4-14

Строящиеся гидроэлектростанции мощностью крупнее 5 тыс. кВт

Район	Количество		Мощность		Проектная выработка, млрд. кВт·ч	Число часов использования мощности
	единиц	%	тыс. кВт	%		
Северо-Запад	5	15	829	3,2	2,2	2 650
Центр, Поволжье, Урал	3	9	2 584	9,7	6,3	2 470
Юг	3	9	1 473	5,6	1,3	1 135
Северный Кавказ	3	9	1 163	4,4	3,4	2 960
Закавказье	7	22	2 077	7,9	6,7	3 230
Итого по Европейской части и Кавказу	21	64	8 126	30,8	19,9	2 460
Сибирь и Дальний Восток	7	21	13 151*	50,2	56,0	4 250*
Средняя Азия и Южный Казахстан	5	15	4 974	19,0	19,4	3 900
Северный Казахстан	—	—	—	—	—	—
Итого по Азиатской части	12	36	18 125*	69,2	75,4	4 160*
Итого по СССР	33	100	26 251*	100	95,3	3 640*

* Без учета возможности последующего увеличения мощности на Саяно-Шушенской и Усть-Илимской ГЭС суммарно на 1 820 тыс. кВт.

Чарвакский гидроузел осуществит регулирование стока, что позволит повысить водообеспеченность существующего орошения в Ташкентском оазисе на площади свыше 300 тыс. га и откроет возможность орошения еще 240 тыс. га.

Токтогульский гидроузел с его водохранилищем будет основным регулятором стока в бассейне Сырдарьи. Гидроузел занимает командное положение по отношению ко всему ирригационному фонду. Он обеспечит прирост орошаемых площадей в размере 480 тыс. га и повысит водообеспеченность орошаемых земель на площади 630 тыс. га.

Нурекский гидроузел создает первый крупный регулятор стока в бассейне Амударьи. С его осуществлением будут созданы предпосылки для расширения орошаемых площадей еще на 1 млн. га.

На Дальнем Востоке в бассейне Амура на его притоке Зее строится Зейская ГЭС с крупным водохранилищем. Это водохранилище является ключевым звеном в мероприятиях по защите наиболее заселенных районов Зейской и Среднеамурской низменности от затопления.

В последние годы гидроэнергетическое строительство продвинулось в промышленные районы отдаленного севера. Построена Мамаканская ГЭС, пущена первая очередь Вилюйской ГЭС,

Таблица 4-15

Характеристика крупнейших каскадов гидроэлектростанций
[суммарной мощностью ГЭС каскада выше 0,5 млн. кВт]

Каскад гидроэлектростанций	Число ГЭС каскада	Суммарная мощность ГЭС, млн. кВт	В том числе			
			введено или начато вводом ¹		строится	
			Число ГЭС	Мощность, млн. кВт	Число ГЭС	Мощность, млн. кВт
Енисейский	8	30,4	1	6,0	1	5,3
Ангарский	4	13,5	2	5,2	1	3,6
Волжский	9	10,9	7	7,1	1	1,4
Вахшский	6	6,6	3	0,3	1	2,7
Днепровский	6	3,6*	5	2,4	1	1,2*
Нарын-Сырдарьинский	13	4,5	4	0,5	1	1,2
Камский	3	2,8	2	1,5	1	1,3
Иртышский	6	3,3	2	1,0	—	—
Даугавский	5	1,9**	2	0,9	1	0,4
Нижне-Куринский	8	1,4	5	0,5	—	—
Сулакский	4	1,3	2	0,1	1	1,0
Разданский	6	0,6	6	0,6	—	—

¹ Для всех ГЭС, начатых вводом, учтена полная мощность ГЭС.

* С учетом расширения Днепрогэс имени В. И. Ленина.

** С учетом расширения Кегумской ГЭС.

строится Усть-Хантайская ГЭС для электроснабжения г. Норильска.

В современном гидроэнергетическом строительстве взята ориентация на каскадное использование водотоков.

В каскаде гидростанций полнее используются энергетические ресурсы реки: повышается степень зарегулированности стока, что позволяет увеличить мощность и выработку ГЭС; повышается возможность маневрирования мощностью отдельных ГЭС из-за устранения ограничений по нижнему бьефу. Каскадность является единственным правильным направлением в транспортной реконструкции реки. В табл. 4-15 приведены данные по отдельным каскадам ГЭС.

После ввода в действие строящихся гидроэлектростанций установленная мощность ГЭС СССР составит 55,9 млн. кВт, в том числе по ГЭС крупнее 5 тыс. кВт — 55,2 млн. кВт. Общая выработка электроэнергии на ГЭС возрастет до 218,5 млрд. кВт·ч в год средней водности.

Народнохозяйственное значение гидроэнергетического строительства

Строительству гидроэлектростанций уделялось большое внимание на всех этапах развития народного хозяйства нашей страны.

Это вызвано прежде всего специфическими особенностями, характерными для гидроэлектростанций, технологией получения электроэнергии и комплексным характером использования водных ресурсов.

Гидроэнергетическое строительство создает условия для лучшего использования водных ресурсов в режиме и объеме, необходимых для различных отраслей народного хозяйства (сельского хозяйства, рыбного хозяйства, водоснабжения промышленности и городов, водного транспорта). Кроме того, благодаря гидроэнергетическому строительству эффективно решаются проблемы борьбы с наводнениями, а создание искусственных водохранилищ улучшает условия отдыха населения.

Важным фактором, особенно на первом этапе создания материально-технической базы страны, явилось то обстоятельство, что гидроэнергетические ресурсы страны в отличие от минерального топлива были более благоприятно размещены относительно основных промышленных центров.

Это позволило обеспечить развитие старых промышленных центров (Ленинград, Приднепровье и др.) и создать новые промышленные центры на Кольском полуострове, в Карелии, в национальных республиках (Ереван, Тбилиси, Ташкент, Душанбе и т. д.).

Построенные до войны гидроэлектростанции Средней Азии послужили энергетической базой для развития экономики среднеазиатских республик, в особенности Узбекской ССР, которая в промышленном развитии специализировалась на производстве сельскохозяйственного машиностроения, текстильной и химической промышленности.

Гидроэлектростанции, благодаря дешевизне электроэнергии, позволили создать ряд новых электроемких отраслей промышленности, имеющих большое значение для народного хозяйства и обороны страны. Так, развитие алюминиевой и магниевой промышленности стало возможным только благодаря сооружению Волховской имени В. И. Ленина, Днепровской имени В. И. Ленина и Канакерской гидроэлектростанций. До 1941 г. все производство алюминия в стране базировалось на дешевой электроэнергии гидроэлектростанций.

Из других электроемких производств можно назвать заводы по производству ферросплавов на базе электроэнергии Рионской и Днепровской имени В. И. Ленина ГЭС, первый в стране энер-

гохимический комбинат на базе дешевой энергии Чирчикских ГЭС.

Строительство крупных гидроэлектростанций сыграло большую роль в обеспечении энергией быстро развивающихся Центральных районов страны. Из общего прироста электропотребления Центрального энергообъединения за период 1955—1960 гг. 20% покрывалось за счет энергии Волжской ГЭС имени В. И. Ленина и Волжской ГЭС имени XXII съезда КПСС. Волжские ГЭС положили начало объединению энергосистем Центра, Юга и Урала.

Особенно большую роль сыграли Волжские ГЭС в развитии производительных сил Поволжья, в районе непосредственного размещения ГЭС.

В развитии и размещении производительных сил Восточного Казахстана важное значение имели Усть-Каменогорская и Бухтарминская ГЭС. Здесь на базе гидроэнергии были размещены и получили большое развитие предприятия цветной металлургии. В результате Восточный Казахстан стал крупнейшим промышленным районом страны с основной специализацией по добыче и выплавке цветных и редких металлов.

Большое значение в развитии производительных сил Восточной Сибири имел ввод в строй первых гидроэлектростанций Ангара-Енисейского каскада: Иркутской, Братской имени 50-летия Великого Октября и Красноярской.

На базе Иркутской ГЭС был построен первый в Восточной Сибири алюминиевый завод, дальнейшее развитие получили химические производства, значительно увеличилась энергооборуженность существующих предприятий транспорта и коммунально-бытового сектора. Свыше 75% прироста электропотребления в Иркутской энергосистеме в период с 1960 по 1970 г. покрывалось за счет гидроэлектростанций.

Крупнейшим промышленным образованием Восточной Сибири, возникшем на базе гидроэлектростанции, является Братский энергопромышленный комплекс, использующий энергию Братской (а в дальнейшем и Усть-Илимской) ГЭС.

В его состав входят вновь созданные Братский, Чунский, Коршуновский промышленные узлы, в которых получили развитие такие отрасли, как цветная металлургия, горнорудная, лесная и лесоперерабатывающая.

С использованием дешевой энергии Братской ГЭС связано возникновение в Братском районе крупнейшего в Союзе алюминиевого завода.

Вторым крупным предприятием является Братский лесопромышленный комплекс, выпускающий пиломатериалы, целлюлозу, бумагу, картон, фанеру и другие виды продукции деревоперерабатывающей промышленности. В ближайшие годы район будет производить 25% всей целлюлозы и 40% всего картона, получаемых в Восточной Сибири.

Строительство Братской ГЭС позволило форсировать освоение Коршуновского железорудного месторождения. В настоящее время Коршуновский горно-обогатительный комбинат (ГОК) дает около 35% сырья для заводов черной металлургии Сибири.

Для использования лесных ресурсов участка Братск — устье р. Илама намечается построить новый лесопромышленный комплекс в районе Усть-Илимской ГЭС. Будет освоено новое Рудногорское месторождение высококачественных железных руд.

Большое значение имел ввод гидроэлектростанций для развития Красноярского и Иркутско-Черемховского промышленных районов, имеющих широкий производственный профиль и разнообразный состав предприятий. С вводом гидроэлектростанций развилось производство электроемкой некапиталоемкой и нетрудоемкой продукции, т. е. районы получили такое направление развития хозяйства, которое в наибольшей степени свойственно им, согласно межрайонной специализации.

Безусловно, что в развитии указанных выше отраслей народного хозяйства и промышленных образований ведущую роль сыграли дешевые гидроэнергетические ресурсы. Вместе с тем немаловажное значение имело и то, что в районе строительства гидроэлектростанций создается крупная строительная база, состоящая из заводов разного профиля, мощных карьеров, автомобильного хозяйства. К месту строительства подводятся коммуникации, энергетические сети, железные и автомобильные дороги, связь. Так, например, при строительстве Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября создана мощная база стройиндустрии в составе более 30 предприятий (в том числе заводы сборного железобетона, домостроения, деревообработки, различных стройматериалов, металлоконструкций, сантехнических изделий) с общим объемом выпуска валовой продукции более 60 млн. руб. Братскгэсстрой, созданный как организация для строительства ГЭС, осуществляет строительство всех промышленных объектов района. Общее число работающих на строительстве превышает 50 тыс. человек и ежегодный объем строительно-монтажных работ составляет 140 млн. руб.

Строительная база Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября послужила основой для строительства Усть-Илимской ГЭС и связанных с ней промышленных комплексов. Строительство Братской ГЭС не только способствует экономическому подъему малоосвоенных районов Востока страны, но и является иллюстрацией влияния, которое оказывает гидроэнергетическое строительство на сокращение сроков освоения новых районов.

Строительство Братского и Средне-Енисейского промышленных комплексов начато почти одновременно в середине 50-х годов.

В первом случае промышленное освоение района началось со строительством Братской гидроэлектростанции (1954 г.), во

Таблица 4-16

Основные показатели Братского и Средне-Енисейского промышленных комплексов

Состав промышленных комплексов	Проектная мощность по сырью и продукции	Освоение проектной мощности к 1970 г., %	Сметная стоимость, млн. руб.	Освоено капиталовложений на 1/1 1970 г., %	Население, тыс. чел.		Валовая продукция на конец 1970 г.		
					всего	прирост с 1955 по 1966 г.	всего, млн. руб.	на 1 жителя, руб.	на 1 000 руб. капиталовложений, руб.
Б р а т с к и й									
Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября	22,6 млрд. квт·ч	100	798	100	—	—	450	—	—
Алюминиевый завод	100 %	50	—	85	—	—	—	—	—
Лесопромышленный комплекс	4 млн. м ³	100	420	100	—	—	190	—	—
Коршуновский горно-обогатительный комбинат	12 млн. т	100	112	100	—	—	18	—	—
Прочие	—	100	—	100	—	—	—	—	—
Итого			1910	95	280	230	984	3 500	540
С р е д н е - Е н и с е й с к и й									
Железная дорога Ачинск-Абалаково	253 км	100	45	100	—	—	3	—	—
Лесопромышленный комплекс	7 млн. м ³	60	450	18	—	—	46	—	—
Горевский горно-обогатительный комбинат	100 %	—	—	—	—	—	—	—	—
Северо-Ангарский горно-обогатительный комбинат	10 тыс. т	20	24	65	—	—	6	—	—
Порт	—	—	11	100	—	—	—	—	—
Прочие	—	—	—	10	—	—	10	—	—
Итого	—	—	755	21	212	25	65	300	400

втором — с сооружением железной дороги Ачинск — Абалаково и лесопромышленного комплекса (1953 г.).

В настоящее время рассматриваемые промышленные комплексы характеризуются следующими показателями (табл. 4-16).

В Братском энергопромышленном комплексе благодаря использованию энергии и строительной базы ГЭС были построены: алюминиевый завод (1960—1970 гг.), лесопромышленный комплекс (1958—1970 гг.), Коршуновский горно-обогатительный комбинат (1954—1961 гг.).

Таблица 4-17

Характеристика некоторых строительных организаций, возникших на базе гидроэлектростанции

Строительная организация	Общая численность коллектива, занятого на строительстве гидроэлектростанций и промышленных предприятий, тыс. чел.	Годовой объем строительно-монтажных работ, млн. руб.	Строительная организация	Общая численность коллектива, занятого на строительстве гидроэлектростанций и промышленных предприятий, тыс. чел.	Годовой объем строительно-монтажных работ, млн. руб.
Горьковгэс-строй	12	64 0	Братскгэс-строй	52	140,0
Куйбышев-гидрострой	60	200,0	Красноярскгэс-строй	13	75,0
Волгоград-гидрострой	33	130,0	Иурекгэс-строй	10,3	64,0
Саратовгэс-строй	12	65,0	Ангарогэс-строй	7,65	22,15

В Средне-Енисейском энергопромышленном комплексе наряду со строительством железной дороги Ачинск — Абалаково (1953—1967 гг.) осуществлялось строительство лесопромышленного комплекса, первые предприятия которого — Новоенисейский и Новомаклаковский лесопильно-деревообрабатывающие комбинаты — вошли в строй соответственно в 1957 и 1960 гг. Создание Средне-Енисейского энергопромышленного комплекса до настоящего времени не завершено из-за отсутствия энергетической и строительной базы.

Всего за 15 лет (1955—1969 гг.) в промышленное строительство Братского комплекса было вложено около 2 млрд. руб., или в среднем ежегодно осваивалось до 135 млн. руб. По Средне-Енисейскому промышленному комплексу освоено 161 млн. руб., или около 11 млн. руб. в год.

В результате Братский энергопромышленный комплекс получил развитую производственную структуру и завершенную специализацию, а Средне-Енисейский комплекс находится лишь в начальной стадии развития.

Братский энергопромышленный комплекс по производству валовой продукции промышленности на 1 жителя (3 500 руб/чел) намного превосходит среднесоюзные показатели (1 350 руб/чел), а по Средне-Енисейскому энергопромышленному комплексу аналогичный показатель составляет всего 300 руб/чел.

Среднегодовые темпы роста валовой продукции по комплексам составляют соответственно 20 и 6%. Это показывает, что гидроэнергостроительство и связанная с ним инфраструктура (стройбаза, поселки, инженерные коммуникации) позволяют

в три раза быстрее осваивать район, чем другой промышленный или транспортный объект.

Опыт прошлого гидроэнергетического строительства показал, что вместе с энергоисточником, как правило, возникали крупные базы стройиндустрии с квалифицированными кадрами, транспортные связи, капитальные жилые поселки и города. Они в свою очередь стимулируют дальнейшее промышленное развитие района, вокруг них создаются новые промышленные образования.

Ниже в табл. 4-17 и 4-18 приводятся данные по некоторым крупным строительным организациям и промышленным образованиям, которые возникли в связи со строительством гидроэлектростанций.

Значение созданных при гидроэлектростанциях промышленных комплексов и узлов в народном хозяйстве страны можно иллюстрировать следующими данными об удельном весе в общесоюзном производстве продукции предприятий, возникших на базе гидроэлектростанций:

	%		%
Алюминий	70	Синтетические смолы и	
Целлюлоза	13	пластмассы	15
Химические волокна . .	20	Синтетический каучук .	14
Азотные удобрения . .	6	Каустическая сода . . .	10
		Железная руда	7

Осуществление строительства гидроэлектростанций и промышленных предприятий по единому плану позволяет в значительной степени осуществить кооперирование в части жилищного строительства, строительства культурно-бытовых объектов и общей системы инженерных и транспортных устройств, благодаря чему достигается экономия в капиталовложениях и эксплуатационных издержках (до 5—10%).

В отличие от европейской части СССР, где энергия гидроэлектростанций использована в основном в сложившихся промышленных районах, на востоке страны крупные гидроэлектростанции становятся основой формирования новых промышленных комплексов и целых районов. Это прежде всего относится к районам Восточной Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока.

Характерной особенностью гидроресурсов восточных районов страны являются не только большие запасы их, но исключительно благоприятные технико-экономические показатели использования. Проведенные расчеты показали, что гидроэлектростанции в восточных районах по своим удельным капиталовложениям в 1,5—2 раза, а по себестоимости в 2—3 раза экономичнее, чем гидроэлектростанции европейской части СССР. Себестоимость энергии на гидроэлектростанциях восточных районов колеблется в пределах 0,04—0,08 коп., в то время как на наиболее экономичных тепловых станциях в азиатской части она достигает 0,35 и в европейской части страны 0,75 коп.

Таблица 4-18

Крупнейшие промышленные узлы, возникшие на базе гидроэлектростанций

Город	Численность населения, тыс. чел.			Предприятия, построенные коллективом гидростроителей
	до строительства ГЭС	на 1/1 1968 г.	по про- ек- ту	
Заволжье	Деревня	27,2	30	Моторный завод
Тольятти	Незаселенная местность	167,2	170	Заводы двойного суперфосфа- та, синтетического каучука, азотнотуковый, синтетического спирта, автомобильный
Волжский	Незаселенная местность	124,3	150	Химический комбинат, машино- строительные заводы
Балаково	Город, 30	89,5	150	Завод искусственного волокна
Братск	Незаселенная местность	128,6	150	Алюминиевый завод, лесопро- мышленный комплекс, горно- обогатительный комбинат
Дивногорск	То же	30,8	35,0	Деревообрабатывающий ком- бинат, кабельный завод
Нурек	» »	22,0	23,0	Электрохимический комбинат, алюминиевый завод
Шелехово	» »	27,3	100,0	Алюминиевый завод, кабель- ный завод, авторемонтные пред- приятия

Расчеты показывают, что использование гидроэнергетических ресурсов восточных районов, в особенности Восточной Сибири, наиболее целесообразно на месте, с организацией вблизи гидроэлектростанций крупных энергопромышленных комплексов на базе разнообразных местных сырьевых ресурсов.

Особенностью намечаемых к строительству первоочередных электростанций Восточной Сибири является то, что их местоположение совпадает с основными районами концентрации полезных ископаемых и лесных ресурсов (рис. 4-2).

Таким образом, главным звеном в цепи мероприятий, призванных обеспечить быстрое и одновременное вовлечение в хозяйственный оборот природных ресурсов и всестороннее развитие народного хозяйства Восточной Сибири, является строительство крупных гидроэлектростанций Ангаро-Енисейского каскада.

Уже сейчас можно наблюдать, что в размещении производительных сил Восточной Сибири произошли значительные изменения. Если раньше основой формирования промышленных узлов этого района служила Восточно-Сибирская железная до-

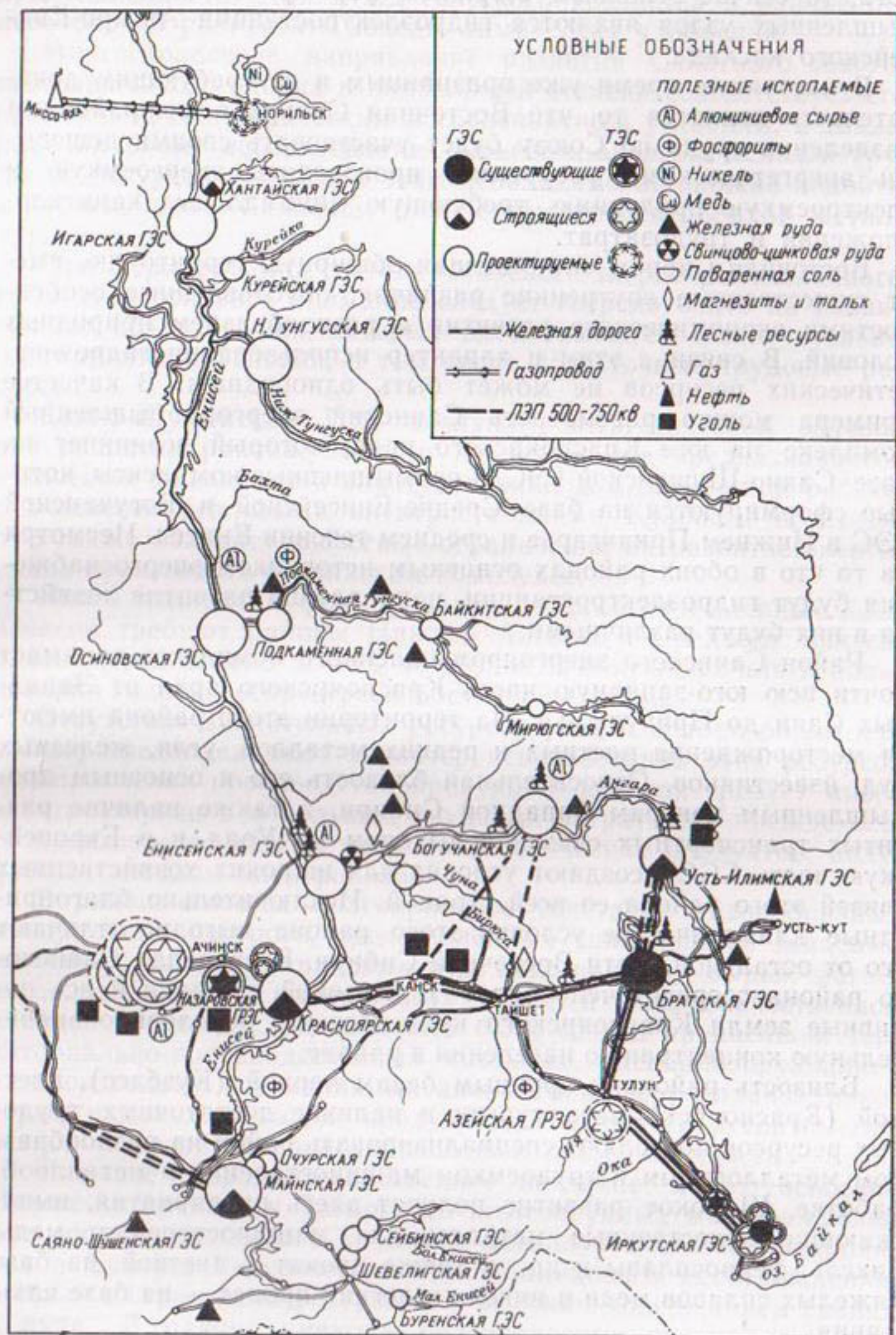


Рис. 4-2. Карта-схема размещения гидроэлектростанций и важнейших сырьевых ресурсов Восточной Сибири.

рога, то сейчас основным стержнем формирования новых промышленных узлов являются гидроэлектростанции Ангаро-Енисейского каскада.

В настоящее время уже признанным и не требующим доказательств является то, что Восточная Сибирь в межрайонном разделении труда по Союзу будет участвовать своими дешевыми энергетическими ресурсами, производить энергоемкую и электроемкую продукцию, требующую минимальных капиталовложений и трудовых затрат.

Восточная Сибирь, занимающая обширную территорию, имеет существенные внутренние различия, обусловленные особенностями экономического развития и разнообразием природных условий. В связи с этим и характер использования гидроэнергетических ресурсов не может быть однородным. В качестве примера можно рассмотреть Саянский энергопромышленный комплекс на юге Красноярского края, который возникнет на базе Саяно-Шушенской ГЭС, и промышленные комплексы, которые сформируются на базе Средне-Енисейской и Богучанской ГЭС в Нижнем Приангарье и среднем течении Енисея. Несмотря на то что в обоих районах основным источником энергоснабжения будут гидроэлектростанции, направления развития хозяйства в них будут различными.

Район Саянского энергопромышленного комплекса занимает почти всю юго-западную часть Красноярского края от Западных Саян до Причулымья. На территории этого района имеются месторождения цветных и редких металлов, угля, железных руд, известняков. Относительная близость его к основным промышленным центрам Западной Сибири, а также наличие развитых транспортных связей с выходом на Урал и в Европейскую часть СССР создают условия для широких хозяйственных связей этого района со всей страной. Исключительно благоприятные климатические условия этого района выгодно отличают его от остальной части Восточной Сибири. В пределах Саянского района сосредоточено более $\frac{1}{3}$ посевной площади и все поливные земли Красноярского края. Все это обусловило значительную концентрацию населения в районе.

Близость района к крупным базам черной (Кузбасс), цветной (Красноярск) металлургии и наличие достаточных трудовых ресурсов позволяют специализировать район на разнообразном металлоемком и трудоемком машиностроении и металлообработке. Широкое развитие получают здесь предприятия, выпускающие качественные металлы для машиностроения: медь, никель, ферросплавы и др., а также прокат — цветной, на базе тяжелых сплавов меди и никеля и легкий прокат — на базе алюминия.

На базе орошаемого земледелия и электрификации здесь можно организовать крупное сельскохозяйственное производство, которое послужит основой для развития легкой и пищевой

промышленности. Для нужд сельского хозяйства в районе целесообразно разместить заводы химических удобрений.

Многоотраслевое направление развития Саянского энергопромышленного района в наибольшей степени соответствует его природным, географическим и транспортным условиям, а также рациональному использованию сырьевых, энергетических и трудовых ресурсов. В связи с этим необходимо осторожно подойти к размещению в Саянском районе высокоэлектроемкой металлургии.

При формировании состава Саянского энергопромышленного комплекса основное внимание следует сосредоточить на развитии тех объектов, для которых здесь имеются исключительно благоприятные условия, в том числе достаточные трудовые ресурсы.

Саяно-Шушенская ГЭС послужит энергетической основой для развития района, но в то же время она предназначена в качестве маневренной электростанции для совместной работы с мощными тепловыми электростанциями Кузбасса и Итата. Это также налагает известные ограничения на развитие энергоемких производств в Саянском комплексе.

Иного подхода к формированию энергопромышленных комплексов требуют районы Нижней Ангары и Среднего Енисея. Здесь сосредоточено до 25% наиболее эффективных для использования гидроэнергоресурсов Восточной Сибири.

Отсутствие значительных ресурсов угля и слабая обжитость района предопределяют характер использования этих ресурсов в направлении производства продукции, которая требует много электроэнергии и небольших трудовых затрат. Это прежде всего производство легких металлов, химических продуктов, получаемых методом электролиза.

В районе имеется благоприятное сочетание разнообразных минеральных ресурсов, представленных уникальными запасами железных, свинцово-цинковых руд, алюминиевого сырья, магнетитов, доломитов, минеральных солей и высококачественной хвойной древесины. Здесь может быть создан крупнейший территориально-производственный комплекс, специализирующийся на производстве алюминия, магния, титана, ферросплавов, некоторых видов химической продукции и широкого ассортимента лесной и развитой горнодобывающей промышленности.

Большое народнохозяйственное значение имеет освоение Нижне-Ангарского и Тагарского железорудных месторождений для сооружения нового крупного металлургического предприятия в Сибири, Горевского свинцово-цинкового месторождения, в связи с огромными ресурсами и высоким содержанием свинца в руде. В районе имеются благоприятные предпосылки для создания глиноземной промышленности с использованием горячегорских и ангарских нефелинов, чадобецких и иркинских бокситов.

Предусмотренное направление развития электроемких производств полностью обеспечивается местными сырьевыми и энергетическими ресурсами и не потребует завоза большого количества трудовых ресурсов в этот необжитый район. На единицу энергии, потребляемой в электроемком производстве, требуется в 5—10 раз меньше рабочей силы, чем в топливоемкой химии, и примерно вдвое меньше капиталовложений.

Освоение гидроэнергетических ресурсов Сибири, как правило, способствует более широкому использованию богатых лесных ресурсов. Водохранилища увеличивают протяженность сплавных путей и позволяют осваивать новые, не доступные до постройки гидроэлектростанций лесные районы.

В состав будущего территориально-производственного комплекса Нижнего Приангарья и среднего течения Енисея предварительно могут быть выделены следующие основные энергопромышленные узлы: Богучанский, Средне-Енисейский и Осиновский с одноименными крупными ГЭС.

В составе Богучанского энергопромышленного узла могут быть намечены глиноземный завод, алюминиевый завод, Чадобецко-Иркинцевский (производительностью в отдаленной перспективе 5 млн. т руды в год), Тагарский (15—20 млн. т железной руды) горно-обогатительные комбинаты, Богучанский (с переработкой в перспективе до 5,2 млн. м³ древесины), Верхнеангарский (4,4 млн. м³) лесопромышленные комплексы и др.

В составе Средне-Енисейского энергопромышленного узла могут быть намечены глиноземный, алюминиевый, никелевый заводы, Татарский нефелиновый рудник, Горевский и Ангара-Питский горно-обогатительные комбинаты, Тальско-Верхотуровский магнезитовый рудник, магнезитовый завод, тальковый комбинат в районе Раздолинска, Маклаково-Енисейский лесопромышленный комплекс (10—11 млн. м³) и др.

Осиновский энергопромышленный комплекс следует рассматривать как наиболее крупный на Среднем Енисее, поскольку здесь целесообразно использовать энергию не только Осиновской ГЭС, но и гидроэлектростанций на Подкаменной Тунгуске. С окончанием строительства всех этих объектов район получит около 40 млрд. кВт·ч электроэнергии.

Однако Осиновский энергопромышленный комплекс в силу своей отдаленности и меньшей изученности не является первоочередным. Отсюда и меньшая ясность о составе и мощности предприятий, входящих в него. Ориентировочные расчеты показывают экономическую целесообразность размещения здесь на местном сырье алюминиевого производства, лесопромышленного комплекса и ряда горнорудных предприятий по добыче ценных полезных ископаемых. Вместе с тем возможен и другой вариант использования энергии этого района.

С ростом хозяйственного развития Средне-Енисейского, Красноярского и Богучанского комплексов возникнет потреб-

ность в дополнительной электроэнергии. В этих условиях восполнение дефицита экономически целесообразно осуществить за счет Осиновского района. Возможен также вариант передачи энергии с частичным развитием промышленного комплекса на месте.

Очевидно, что дальнейшее изучение ресурсов Осиновского района и темпов развития близлежащих хозяйственных комплексов позволит в будущем более правильно определить его промышленный профиль.

При разработке гипотезы развития народного хозяйства рассматриваемого района необходимо учитывать производственные связи района Нижнего Приангарья и среднего течения Енисея с прилегающими районами Красноярского края, Иркутской области, с Норильским промышленным районом.

Большой интерес с народнохозяйственной точки зрения представляет вариант со строительством меридиональной железной дороги Норильск — Абалаково. Строительство этой дороги создаст необходимые условия для форсированного освоения сырьевых и энергетических ресурсов всего огромного региона Среднего и Нижнего Енисея.

Выявленные выше условия индустриального развития отдельных частей Восточной Сибири показывают, какую большую роль в промышленном развитии играют гидроэлектростанции, определяющие не только специализацию и размещение производительных сил, но и влияющие на территориальную организацию и темпы освоения богатств района.

Начатое на базе гидроэлектростанций Ангара-Енисейского каскада освоение богатств Сибири создаст экономические, технические и социальные условия для ускоренного ввода и использования энергии мощных тепловых станций, работающих на гигантских угольных разрезах Канско-Ачинского бассейна.

Создание в Восточной Сибири мощных топливно-энергетических узлов, подобных Канско-Ачинскому, потребует при достижении ими проектной мощности ежедневной добычи топлива до 2 млн. т. Создаваемая система тепловых станций и карьеров должна обладать большой ритмичностью и надежностью в работе, что в суровых климатических условиях Сибири не всегда может быть достигнуто, поэтому необходимо обеспечить резервирование системы. Таким резервом могут стать сверхмощные высоконапорные гидроэлектростанции, построенные на Енисее и его притоках, с их огромными водохранилищами, в которых можно сосредоточить огромный резерв энергии. Это так называемый «народнохозяйственный резерв», обеспечивающий бесперебойность энергоснабжения в чрезвычайных условиях.

Обратимся к другому богатому гидроэнергоресурсами району — Средней Азии. Гидроэнергетическое строительство позволит здесь, помимо решения ирригационной проблемы, решать в значительной мере вопрос сохранения богатейших запасов при-

родного газа и использования их в важнейших отраслях народного хозяйства.

Применение газа в металлургии в 8 раз, а в цементной промышленности в 2 раза более эффективно, чем для выработки электроэнергии. Необходимо также учитывать интенсивное возрастание потребления газа для бытовых нужд населения и особенно в качестве технологического сырья для химической промышленности.

Кроме того, интенсивное освоение гидроэнергии позволит высвободить значительные количества газа для передачи в дефицитные по топливу районы Европейской части СССР и Урала.

Выработанная на гидроэлектростанциях Средней Азии и Южного Казахстана электроэнергия должна быть направлена прежде всего на развитие промышленности этих районов, которые по запасам минерального сырья и трудовым ресурсам имеют все предпосылки для широкого развития разнообразных промышленных производств.

Особенно большое развитие должна получить здесь химическая промышленность, призванная обеспечить прежде всего сельское хозяйство различными удобрениями, ядохимикатами, гербицидами и другими химическими препаратами, способствующими росту и обработке основных сельскохозяйственных культур. На базе природного газа широкое развитие получит полимерная химия (всевозможные смолы и пластмассы) для промышленных, строительных и бытовых целей, а в особенности для сельского хозяйства (в частности, по выпуску пленки для облицовки каналов и труб для оросительных систем).

На базе Нурекской ГЭС формируется крупнейший в Средней Азии Южно-Таджикский энергопромышленный комплекс. Кроме Душанбе в него входят малые города и поселки городского типа — Курган-Тюбе, Регар, Пяндж, Нурек и ряд крупных кишлаков.

Основными потребителями электроэнергии в Южном Таджикистане станут электроемкие предприятия химической промышленности и цветной металлургии, а также сельское хозяйство (машинное орошение).

Первоочередными электроемкими предприятиями здесь будут строящиеся Южно-Таджикский электрохимический комбинат, Вахшский азотнотуковый завод, Таджикский алюминиевый завод.

Благодаря низкой себестоимости природного газа и электроэнергии, вырабатываемой на Нурекской ГЭС, расчетная себестоимость продукции Южно-Таджикского ЭХК будет намного ниже себестоимости продукции других предприятий Советского Союза.

Вахшский азотнотуковый завод (АТЗ) обеспечит азотными удобрениями не только Южный Таджикистан, но и другие районы Средней Азии и юга Казахстана. Экономико-математический

анализ показал выгоду использования продукции Вахского азотнотукового завода также в районах Поволжья и Западной Сибири.

В Южном Таджикистане имеются благоприятные условия для широкого производства металлического магния на базе местного хлормagneвского сырья и электроэнергии Нурекской ГЭС, а в дальнейшем и других крупных гидроэлектростанций.

Сооружение гидроэлектростанций с крупными регулирующими водохранилищами на Вахше, а в дальнейшем и на Пяндже окажет большое влияние на развитие орошаемого земледелия в бассейне Амударьи. Наряду с более полным использованием стока для самотечного орошения земель возникает также возможность орошать обширные массивы с помощью насосной подачи воды за счет дешевой электроэнергии. При этом насосное орошение может стать потребителем-регулятором мощности энергетической системы.

Весьма благоприятные перспективы для развития гидроэнергетики имеют также районы Дальнего Востока, обладающие огромными водноэнергетическими ресурсами.

Современная энергетическая база многих горнодобывающих районов Дальнего Востока по своему техническому уровню, абсолютным размерам и надежности не обеспечивает потребностей в электроэнергии и тормозит их дальнейшее развитие. В связи с этим в последние годы были развернуты работы по определению наиболее экономичной схемы энергоснабжения крупнейших очагов промышленного развития. Расчеты показали, что строительство гидроэлектростанций является самым надежным и эффективным способом обеспечения горнорудной промышленности электроэнергией, а в ряде случаев и теплом.

В Вилуйском горнодобывающем промышленном районе построена первая крупная гидроэлектростанция района — Вилуйская. Сооружение этой гидроэлектростанции создало устойчивую энергетическую базу для развития производительных сил всего алмазодобывающего района и Западной Якутии.

Надежным источником для энергоснабжения Магаданской области может служить Колымская ГЭС, которая сможет покрывать до 70% всего перспективного электропотребления района и значительно снизить себестоимость добычи золота.

Для энергоснабжения изолированных промышленных очагов могут быть построены Адычанская, Кроноцкая и другие гидроэлектростанции, которые в значительной степени улучшат энергоснабжение отдаленных районов. Вторым важнейшим направлением гидроэнергетического строительства на Дальнем Востоке является регулирование стока притоков Амура, Зеи, Буреи, Усури для борьбы с катастрофическими наводнениями, являющимися бичом народного хозяйства района.

Строительство Зейского гидроузла (мощность ГЭС 1 505 Мвт) обеспечит многолетнее регулирование стока Зеи, сократит

ущербы от наводнений в долине Зеи и среднего Амура и даст народному хозяйству около 5 млрд. квт·ч электроэнергии.

На базе электроэнергии Зейской ГЭС может быть создан целый ряд предприятий химической промышленности и крупный электрометаллургический комбинат.

Задачи борьбы с наводнениями решают проектируемый на Буре Желундинский гидроузел с гидроэлектростанцией мощностью 1500 Мвт и в бассейне Уссури (Приморский край) Иманский гидроузел с гидроэлектростанцией 660 Мвт.

Электричество этих гидроэлектростанций будет использоваться в объединенной энергосистеме Дальнего Востока.

Крупным резервом гидроэнергетики являются притоки Лены — Алдан и Олекма, освоение которых связано с дальнейшим развитием производительных сил Дальнего Востока.

С развитием экономики, ростом благосостояния населения гидроэнергетическое строительство будет играть все большую роль в развитии производительных сил страны. Во многих случаях ведущим компонентом станет водоснабжение, которое уже сейчас в ряде районов страны становится доминирующим.

В нашей стране гидроэнергетика всегда рассматривалась не только как средство достижения технического прогресса и повышения эффективности энергетического хозяйства, но и как организующее начало, позволяющее осуществить коренную реконструкцию народного хозяйства прилегающих районов, создать новые производства, способствующие быстрому подъему отсталых районов.

Помимо влияния, оказываемого на темпы роста и размещение промышленного производства, гидроэнергетическое строительство решает ряд других важных проблем, имеющих большое народнохозяйственное значение. В их числе большое место занимают социально-экономические проблемы, стоящие перед страной уже сейчас и решение которых станет важнейшей задачей ближайшего будущего.

Важнейшим следствием строительства гидроэлектростанций являются грандиозные работы по переустройству быта поселков и городов, попадающих в зону водохранилища. Мелкие разрозненные поселки с плохими коммуникациями и низким уровнем благоустройства объединяются в крупные населенные пункты и города.

Благодаря этому население привлекается к более производительному труду, получает возможность пользоваться всеми видами городского благоустройства и обслуживания. Создаются условия для повышения культурного уровня и образования населения. Как правило, улучшается положение городов и поселков, их архитектура, благоустройство и санитарные условия.

Особенно сильно эта сторона гидроэнергетического строительства проявляется в сельском хозяйстве. Преобразование сельского хозяйства в связи со строительством гидроэлектро-

станций и образованием водохранилищ позволяет ликвидировать распыленность и измельченность в размещении сельскохозяйственных предприятий, улучшить специализацию, повысить концентрацию и интенсификацию сельскохозяйственных производств; приблизить пахотные и другие сельскохозяйственные угодья к хозяйственным центрам; создать лучшие культурно-бытовые условия, улучшить условия для руководства сельскохозяйственным производством.

4-3

Покрытие пиков нагрузки

Существенной проблемой развития современной энергетики является покрытие пиков и прохождение ночных провалов нагрузки энергосистем. По существу эта проблема является неотъемлемой частью общей технико-экономической задачи обеспечения оптимального и надежного энергоснабжения бурно развивающихся отраслей народного хозяйства.

До недавнего времени в большинстве энергосистем имелась техническая возможность быстрого изменения своей нагрузки в соответствии с требованиями потребителей электроэнергии, и проблема пиков нагрузки сводилась лишь к экономическому обоснованию такой структуры энергосилового оборудования, которая обеспечивала бы наиболее экономичное покрытие графика нагрузки, в том числе и его переменной части. Такое положение объяснялось двумя обстоятельствами. С одной стороны, большая загрузка оборудования предприятий внутри суток (большая доля трехсменных производств) и небольшой удельный вес электрификации быта населения (малая коммунально-бытовая нагрузка) приводили к сравнительно небольшим колебаниям нагрузки в течение суток, с другой — в структуре мощностей энергетических систем значительное место занимали гидравлические электростанции, имеющие практически неограниченный диапазон регулирования мощности. Кроме того, в структуре теплового оборудования преобладали тепловые агрегаты небольшой мощности, работающие на докритических параметрах пара (до 90 кгс/см^2), в большинстве своем имеющие поперечные связи по пару. Для таких агрегатов допустимо довольно глубокое регулирование их мощности.

В основных энергообъединениях европейской части СССР, испытывающих наибольшие затруднения с покрытием переменных нагрузок, гидроэлектростанции до последнего времени покрывали до 40—70% переменной части графиков нагрузки (рис. 4-3). Работая в часы наиболее интенсивных подъемов нагрузок и воспринимая значительную часть колебаний нагрузки, гидроэлектростанции обеспечивали благоприятный режим работы тепловым электростанциям.

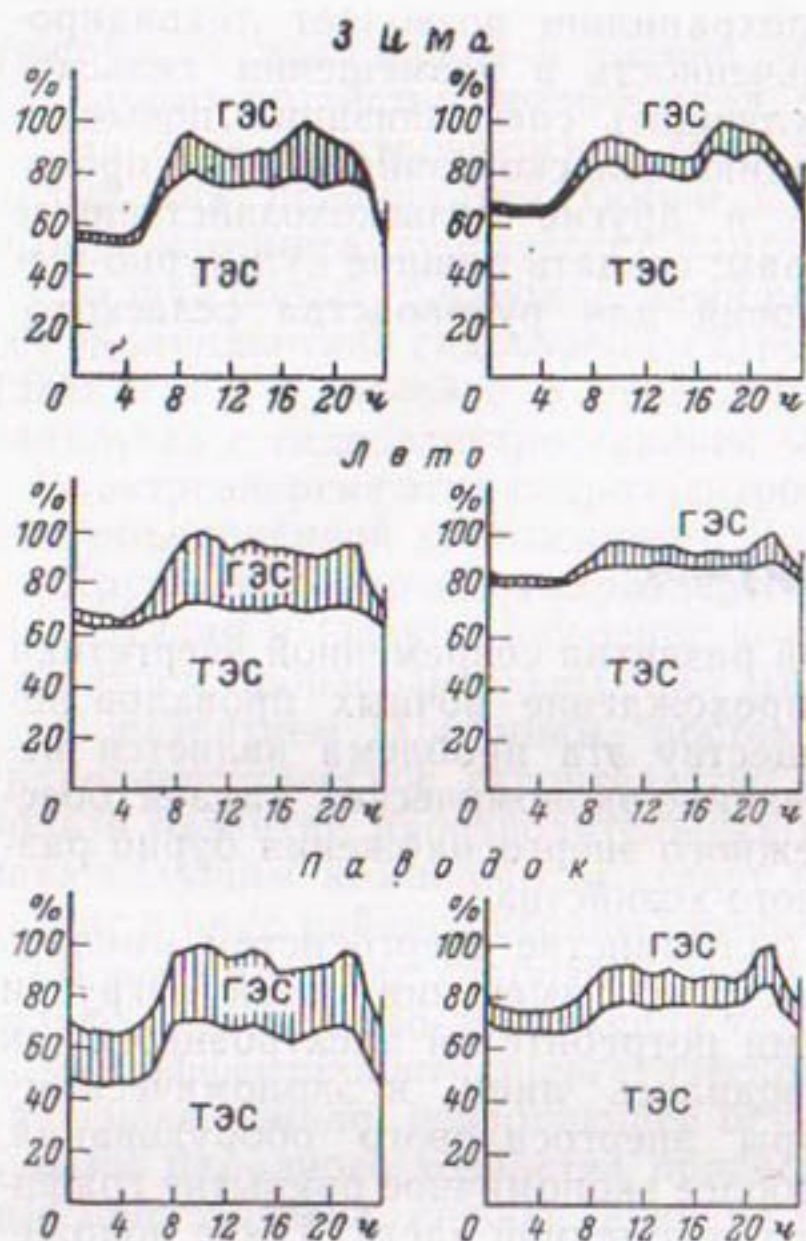


Рис. 4-3. Участие гидроэлектростанций в покрытии современных суточных графиков электрической нагрузки энергетических систем [слева — ОЭС Центра, справа — ОЭС Юга].

Даже в период паводка гидроэлектростанции, как правило, частично использовались для покрытия пиковой и полупиковой зоны графика нагрузки. Это объясняется тем, что сроки наступления паводка, его продолжительность и интенсивность нарастания различны для отдельных гидроэлектростанций, входящих в энергосистему. В результате режимы работы тепловых электростанций в целом по энергосистеме в паводочный период мало отличались от режимов их работы в зимний период.

Анализируя роль гидроэлектростанций в покрытии графиков нагрузки энергосистем за прошедшие годы, следует отметить, что при наличии крупных гидроэлектростанций на Волге, Каме, Днестре, Западной Двине и др. обеспечивалась устойчивая работа объединенной энергосистемы в критические периоды и до недавнего времени обеспечивался оптимальный режим использования тепловых электростанций. Это обстоятельство в немалой степени способствовало также освоению новых типов тепловых электростанций, работающих на закритических параметрах пара.

Таким образом, сравнительно плотные суточные графики электрической нагрузки и большая доля маневренного оборудования приводили к тому, что в большинстве энергосистем СССР серьезных несоответствий между требуемым режимом электро-

потребления и возможностями энергосилового оборудования до недавнего времени не было.

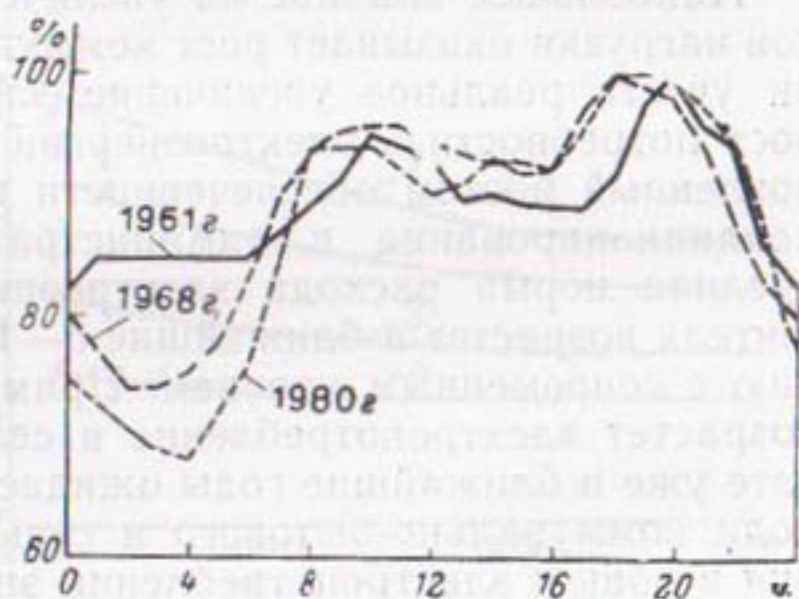
В последние годы вследствие замедления темпов гидростроительства в энергосистемах европейской части СССР доля гидроэлектростанций в структуре мощностей заметно уменьшается. В перспективе же из-за ограниченности гидроэнергоресурсов на этой территории Союза процесс уменьшения доли гидроэлектростанций будет продолжаться и дальше. В результате все более неравномерным становится режим работы тепловых электростанций (рис. 4-4). Это приводит к существенному увеличению удельных расходов топлива.

Вынужденная работа ТЭС в неравномерном режиме, к которой все в большей степени приходится прибегать в последние годы, отрицательно сказывается на состоянии теплосилового оборудования. К числу этих отрицательных последствий относятся повышенный износ оборудования, сокращение срока его службы, увеличение аварийного и ремонтного простоя агрегатов.

Отчетные данные по ряду энергосистем свидетельствуют о сокращении продолжительности межремонтных кампаний на теплоэлектростанциях при неравномерном режиме их работы. Особенно увеличивается число внеплановых ремонтов на ТЭС в понедельник, после остановов агрегатов на выходные дни.

Обострению проблемы покрытия пиков нагрузки в отечественных энергосистемах в немалой степени способствует тот факт, что из-за отсутствия в недавнем прошлом требований энергосистем к повышенным регулировочным возможностям энергосилового оборудования паросиловое оборудование существующих и строящихся тепловых электростанций мало приспособлено к переменным нагрузкам. По отчетным данным ОЭС Северо-Запада, Центра и Юга при прохождении максимума нагрузки в 1968 г. максимальное снижение мощности блочного оборудования для системы в целом составляло около 30% мощности блоков, участвующих в покрытии максимума. Тем не менее даже при таком диапазоне регулирования мощности блочного оборудования энергосистемы испытывали большие трудности.

Рис. 4-4. Динамика изменения режимов работы тепловых электростанций энергосистемы Центра в зимнем суточном графике электрических нагрузок.



В ряде энергосистем уже сейчас приходится прибегать к вынужденной работе ТЭЦ с редуцированием пара для потребителей тепла, что позволяет снижать электрическую мощность ТЭЦ ночью, правда, в ущерб экономике, а также прибегать к большим «перетокам взаимопомощи» между отдельными энергосистемами в ночные часы и к другим сложным в техническом отношении и неэкономичным мероприятиям, приводящим к пережогу топлива и к ухудшению эксплуатационного состояния оборудования.

Анализ тенденций изменения основных факторов, обуславливающих возникновение проблемы покрытия пиков и прохождения ночных провалов нагрузки, показывает, что в перспективе для энергосистем европейской части СССР характерно дальнейшее увеличение неравномерности суточных графиков электрической нагрузки и одновременное уменьшение маневренных возможностей оборудования энергетических систем.

Режим электропотребления основных энергетических систем СССР и, в частности, его европейской части с течением времени претерпевает большие изменения как вследствие абсолютного роста величины электропотребления, так и вследствие изменения структуры потребителей энергии и режимов их работы. При этом ряд факторов действует в сторону уплотнения графиков электрической нагрузки, другие — в сторону их разуплотнения.

К уплотнению графиков нагрузки приводят рост электротехнологии и автоматизации производства, более полное использование производственных мощностей, электрификация транспорта, развитие машинного орошения и др. Уплотнению графиков способствует также объединение энергетических систем.

С другой стороны, графики нагрузки разуплотняются вследствие повышения доли коммунально-бытовой и сельскохозяйственной нагрузки в общем электропотреблении, сокращения продолжительности рабочего дня и рабочей недели, некоторых изменений режимов работы предприятий (сдвигов во времени и сокращения ночных смен) и т. п.

Наибольшее влияние на увеличение неравномерности графиков нагрузки оказывает рост коммунально-бытовых нагрузок. Если учесть реальное увеличение электроприборов у населения, рост потребности в электроэнергии на освещение жилищ, обусловленный ростом обеспеченности жилой площадью, внедрение кондиционирования в административных зданиях и т. п., то средняя норма расхода электроэнергии на одного городского жителя возрастет в ближайшие 5—10 лет в 2—3 раза по сравнению с современным уровнем. Примерно в таком же отношении возрастет электропотребление в сельском хозяйстве. В результате уже в ближайшие годы ожидается значительное увеличение доли коммунально-бытового и сельскохозяйственного потребления в общем электропотреблении энергосистем (табл. 4-19).

Таблица 4-19

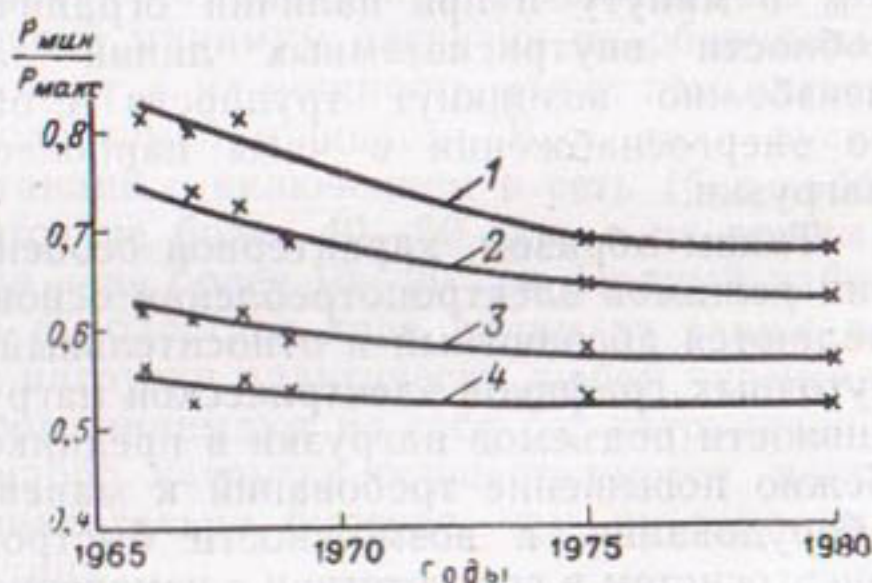
Рост электропотребления коммунально-бытовым и сельским хозяйством [без орошения] по энергосистемам Европейской части СССР [%]

Энергообъединение	1930	1965	1970	Ближайшие годы
Центра, Поволжья	40,0	63,6	100,0	246,0
Урала	15,6	52,2	100,0	271,0
Юга	24,5	56,6	100,0	274,0
Северо-Запада	37,0	61,3	100,0	273,0
Северного Кавказа и За- кавказья	34,0	65,5	100,0	302,0
ЕЭС Европейской части	32,0	59,5	100,0	266,0

Изучение влияния всех перечисленных выше факторов на расчетные графики электрических нагрузок является предметом исследований различных организаций и отдельных специалистов. Результаты этих исследований несколько расходятся из-за различия в исходных данных и методических положениях. Однако все работы в этом направлении приводят к выводу о непрерывном и заметном разуплотнении перспективных графиков нагрузки энергосистем европейской части СССР (по сравнению с отчетными) и об углублении ночных провалов нагрузки относительно максимума нагрузки (рис. 4-5). Об этой же тенденции свидетельствуют и отчетные данные за ряд прошлых лет для отдельных энергосистем.

Расчеты показывают, что в предстоящее пятнадцатилетие плотность графиков электрической нагрузки снизится по большинству энергосистем на 2—5%. В еще большей степени, на 4—9%, уменьшится отношение минимальной ночной нагрузки к максимальной за расчетные сутки. Последний показатель оказывает наибольшее влияние на рост потребности энергосистем в пиковой мощности. Кажущееся на первый взгляд незначитель-

Рис. 4-5. Изменение по годам коэффициента минимума нагрузки $\frac{P_{\min}}{P_{\max}}$ энергосистем Урала [1], Юга [2], Центра [3], Северо-Запада [4].



ное в перспективе уменьшение отношения минимальной нагрузки к максимальной при учете абсолютного роста электропотребления приводит к тому, что, например, в энергообъединениях европейской части Союза переменная часть графиков нагрузки в ближайшие годы должна возрасти по сравнению с 1965 г. в 5—6 раз и будет составлять десятки миллионов киловатт.

Значительно возрастет в перспективе и интенсивность подъема нагрузки в предпиковые часы. Наиболее интенсивный рост нагрузки в энергосистемах Единой европейской энергосистемы (ЕЕЭС) имеет место перед наступлением утреннего максимума. В настоящее время в отдельных энергосистемах интенсивность среднечасового подъема нагрузки составляет 10—15% максимума. Для этих энергосистем абсолютные размеры среднечасового подъема нагрузки увеличатся по сравнению с современным уровнем в 3—4 раза. В отдельные же моменты внутри часа скорость нарастания нагрузки будет значительно выше, чем в среднем за час. Данные объединенного диспетчерского управления (ОДУ) ЕЕЭС свидетельствуют, что после начала утренней смены интенсивность подъема нагрузки за отрезок времени 15—20 мин примерно втрое выше, чем в среднем за час. Это связано с одновременным массовым включением электропривода технологического оборудования. Именно эту максимальную внутрисистемную интенсивность подъема нагрузки и следует считать расчетной при определении необходимой мощности генерирующего оборудования.

Важным показателем, характеризующим требования потребителей к необходимой скорости набора мощности на электростанциях системы, является отношение максимальной внутрисистемной интенсивности подъема нагрузки к максимальной нагрузке предшествующего часа. Для отдельных энергообъединений уже сейчас, а для большинства — в ближайшей перспективе этот показатель характеризуется величиной примерно 1% в минуту. Если в целом для всего энергообъединения эта интенсивность может быть воспринята оборудованием электростанций, то для отдельных его частей, где интенсивность подъема будет выше 1% в минуту и при наличии ограничений в пропускной способности внутрисистемных линий электропередачи (ЛЭП), неизбежно возникнут трудности с обеспечением нормального энергоснабжения в часы наиболее интенсивного подъема нагрузки.

Таким образом, характерной особенностью динамики развития режимов электропотребления основных энергосистем СССР являются абсолютный и относительный рост переменной части суточных графиков электрической нагрузки и увеличение интенсивности подъемов нагрузки в предпиковые часы. Отсюда неизбежно повышение требований к маневренности энергосилового оборудования, к возможности быстрого изменения мощности энергосистем в соответствии с изменением нагрузок.

Способность энергетических систем приспосабливаться к переменному режиму электропотребления зависит в первую очередь от регулировочных возможностей оборудования электростанций, входящих в данную энергосистему. Поскольку возможности регулирования мощности для станций различного типа различны, то в конечном итоге структура энергосилового оборудования оказывает решающее влияние на маневренные возможности энергосистемы в целом.

Кроме структуры энергосилового оборудования, на маневренность системы существенное влияние оказывает состояние энергетических связей между отдельными энергоузлами. Недостаточно развитые связи ограничивают возможность осуществления так называемых «перетоков взаимопомощи», т. е. уменьшают маневренность энергосистемы.

Из других факторов, влияющих на регулировочную способность энергосистемы, следует выделить уровень теплового потребления, наличие резервных пиковых котлов и редуционно-охлаждающих устройств (РОУ) на теплофикационных агрегатах. При большом удельном весе теплофикационного оборудования в отечественных энергосистемах указанные факторы существенно влияют на возможность использования этого типа станций для регулирования мощности в энергосистеме.

Отмеченные выше факторы в основном и определяют маневренные возможности энергосистемы при покрытии графиков электрической нагрузки. Показателем, характеризующим это качество энергетической системы, является технически допустимый минимум нагрузки энергосилового оборудования в расчетные сутки, при котором обеспечивается надежное покрытие максимальной нагрузки в те же сутки. Технический минимум нагрузки энергосистемы складывается из технических минимумов нагрузки отдельных агрегатов электростанций, на которые накладываются отмеченные выше ограничения по ЛЭП, топливу, теплопотреблению и т. п.

В общем случае генерирующее оборудование энергосистем состоит из агрегатов различных видов электростанций. Для гидроэлектростанций, не работающих в режиме обязательного базисного попуска, технический минимум нагрузки их оборудования практически равен нулю, т. е. их мощность может изменяться от нуля до полной располагаемой мощности. Весь цикл пуска агрегатов гидроэлектростанций с включением в сеть (без набора нагрузки) продолжается не более 40—50 сек, а из режима синхронного компенсатора — не более 10—20 сек. Полный набор нагрузки гидроагрегатов с холостого хода занимает также не более 40—50 сек. Толчки нагрузки практически любой интенсивности гидроэлектростанции принимают на себя без затруднений. Включение в работу и набор нагрузки осуществляются почти без потерь энергии и значительно быстрее, чем на тепловых электростанциях любого типа.

Регулировочные возможности тепловых электростанций прежде всего зависят от типа и параметров их оборудования.

Теплофикационные турбины с противодавлением при расчетном тепловом потреблении имеют электрическую нагрузку, равную номинальной мощности, т. е. эти агрегаты не участвуют в регулировании нагрузки.

Допустимое снижение нагрузки на прочих ТЭЦ лимитируется расчетной величиной отбора пара для потребителей тепла. Большинство агрегатов при полных расчетных отборах пара имеют электрическую нагрузку около 80—90% номинальной. Эта величина и является их техническим минимумом. Для дальнейшего снижения технического минимума ТЭЦ может использоваться снабжение тепловых потребителей через РОУ или от пиковых резервных котлов при соответствующем снижении электрической нагрузки. Необходимо, однако, при этом иметь в виду снижение эффекта комбинированной выработки тепла и электроэнергии. Поэтому целесообразность этого способа каждый раз должна подвергаться технико-экономическому обоснованию.

Таким образом, теплофикационное оборудование, удельный вес которого в современных энергосистемах доходит до 30—50% всего энергосилового оборудования, имеет весьма небольшой диапазон регулирования мощности. В перспективе, несмотря на некоторое снижение, удельный вес ТЭЦ останется довольно большим, и это является немаловажным фактором, снижающим общую маневренность энергосистем в ближайшей перспективе.

Технический минимум нагрузки конденсационных электростанций (КЭС) определяется главным образом ограничениями в разгрузке котлов. Как показывает опыт эксплуатации, нагрузка турбины среднего и высокого давления может быть снижена не менее чем до 20—25% номинальной величины, что необходимо для надежной вентиляции ее хвостовой части. Регулировочный же диапазон котельного агрегата ограничивается погасанием факела, опасностью зашлаковки топки либо нарушениями циркуляции или нормального гидродинамического режима вследствие неравномерности нагрева отдельных элементов агрегатов. Как показывает опыт эксплуатации, минимум нагрузки котлоагрегата зависит от конструкции котла, топки и от вида используемого топлива. Котлы со слоевым сжиганием топлива имеют минимум нагрузки 60—80%, котлы с пылеугольным сжиганием 70—85%. Использование жидкого и газообразного топлива и подсвечивание мазутом пылеугольных топок снижают минимум нагрузки до 50—60%. Наличие поперечных связей по пару на действующих электростанциях среднего и высокого давления позволяет останавливать часть котлов и увеличивать регулировочный диапазон электростанций без остановки турбины. Эта возможность отсутствует на КЭС с блочными схемами.

Между тем именно эти электростанции с блочными агрегатами на сверхвысоких параметрах пара единичной мощностью 300,

500 Мвт и более являются основой развития энергетических систем. Технический минимум нагрузки этих агрегатов определяется минимальной нагрузкой котлов и составляет 50—70% в зависимости от вида сжигаемого топлива.

Следует также отметить весьма важное обстоятельство, которое действует в сторону повышения технического минимума оборудования тепловых электростанций, а именно: вводимое в эксплуатацию новое оборудование имеет пониженную маневренность. Это положение отражено в соответствующих инструкциях и об этом говорит практика эксплуатации. В течение первых 2 — 3 лет эксплуатации новое оборудование тепловых электростанций, как правило, не может быть использовано для регулирования нагрузки совершенно и лишь в отдельных случаях допускает незначительное изменение мощности. В целом для всего парка вводимого оборудования можно принять возможность регулирования нагрузки не более, чем на 10%, т. е. технический минимум этого оборудования составит около 90%.

Трудности регулирования нагрузки электростанциями системы правомерно выдвигают вопрос о возможности и целесообразности систематических ежесуточных остановов и пусков агрегатов тепловых станций. В то же время отечественная практика свидетельствует о том, что пуск котлов и турбоагрегатов тепловых электростанций является наиболее сложным режимом их рабочего состояния. Сложность обусловливается переходными процессами, быстрыми изменениями состояния оборудования. Как результат этого, возможны аварии и повышенный износ. Поэтому продолжительность пуска определяется допустимой интенсивностью изменения температуры различных частей агрегата.

Наибольшие опасения в применении ежесуточных остановов вызывают трудности с пусками из горячего и неостывшего состояния. Сложность пуска блоков после кратковременного (на ночь) останова заключается в том, что перед пуском отдельные элементы оборудования блока имеют различное температурное состояние, так как они остывают с разными скоростями. Вследствие того что в турбине возникает разность температур по толщине корпуса, ширине фланцев, между вращающимися и неподвижными элементами и т. п., одним из важнейших условий надежности и быстрого пуска является поддержание этих разностей температур на уровне допустимых пределов.

Все это приводит к тому, что для большинства блочных агрегатов тепловых электростанций, в особенности для агрегатов на закритических параметрах пара, на останов и последующий их пуск требуется время, как правило, превышающее продолжительность ночного провала нагрузок. Поэтому при оценке маневренности перспективных энергосистем нельзя ориентироваться на возможность ежесуточного останова крупных блочных агрегатов тепловых электростанций на закритических параметрах пара. Кроме того, общесистемные условия существенно

ограничивают возможности ежесуточного останова ряда агрегатов ТЭС.

Приведенные выше соображения о технически допустимых разгрузках и остановах агрегатов тепловых электростанций не учитывают последствий влияния резкопеременного режима работы на эксплуатационное состояние теплосилового оборудования.

Для оценки влияния режима работы теплосилового оборудования на их техническое состояние в СССР пока нет достаточной информации. По данным фирмы Дженерал Электрик в результате ревизии более 800 турбин, выпущенных за последние 20 лет, выявлено, что наибольшее количество трещин имели турбины, которые часто пускались и останавливались [Л. 46]. По данным фирмы Эшер Висс систематические изменения нагрузки теплоагрегатов на 20% сокращают срок их службы на 15—20% [Л. 10].

В результате исследования состояния оборудования фирмы Вестингауз Электрик в 12 турбоагрегатах были обнаружены трещины усталостного характера. Эти трещины обычно появлялись в агрегатах, которые в течение 5 лет или более работали при переменных нагрузках. Характерным для эксплуатации этих турбин являлось то, что они работали при полной нагрузке в течение дня и неполной в течение ночи. Трещины возникают главным образом на участках, расположенных в зоне камеры регулирующей ступени, где наблюдаются максимальные изменения температуры.

Из отечественного опыта заслуживают внимания исследования, проведенные «Белоруссэнергонадзор» в Белорусской энергосистеме, характеризующейся наиболее пиковым режимом работы тепловых станций. Этой организацией исследовался вопрос надежности и долговечности основного оборудования ТЭС с точки зрения усталостной прочности металла. Работа была проделана на опыте эксплуатации трех ТЭС — Василевичской, Березовской и Минской ТЭЦ-3. По мнению специалистов указанной организации, работа агрегатов в резкопеременном режиме содействует термической усталости металла и ведет к накоплению повреждений. Трещины усталостного характера обнаружены на турбинах К-50-90, установленных на станции, которая уже несколько лет работает в остропиковом режиме. Кроме того, на этой же турбине получены данные, свидетельствующие о повышенном износе оборудования, об увеличении продолжительности капитального ремонта, снижении экономичности станции при использовании ее в резкопеременном режиме.

Увеличение неравномерности работы ТЭС и связанное с этим снижение числа часов использования их мощности приводит к заметному увеличению стоимости энергии тепловых электростанций. Так, для современной ТЭС, оборудованной агрегатами, работающими на закритических параметрах пара, снижение числа часов использования установленной мощности с 6 000

до 5 000 в год приводит к удорожанию ее электроэнергии на 12—15%. При снижении числа часов использования мощности до 4 000 ч в год себестоимость электроэнергии возрастает на 30—35%, при этом теряются все преимущества перехода на закритические параметры пара.

Совместный анализ изменения в перспективе перечисленных выше факторов, влияющих на маневренность энергосистем, показывает относительное повышение технического минимума нагрузки теплосилового оборудования с течением времени. Доля электростанций, имеющих сравнительно небольшой диапазон регулирования мощности (теплофикационных, конденсационных на закритических параметрах пара и атомных) в общей мощности тепловых электростанций постепенно возрастает. Для энергосистем ЕЭС Европейской части она, по-видимому, увеличится с 60—70% в 1965 г. до 80—85% в ближайшие 10—12 лет.

Таким образом, анализ динамики изменения режимов электропотребления и структуры энергосилового оборудования энергосистем показывает, что в перспективе следует ожидать еще большего несоответствия маневренных возможностей оборудования энергосистем режимным требованиям потребителей электроэнергии.

Это приводит к необходимости либо увеличивать регулировочный диапазон вводимого оборудования тепловых электростанций, что связано с существенным снижением его экономичности и надежности, либо предусматривать сооружение специальных пиковых электростанций.

Для характеристики потребности той или иной энергосистемы в специальных пиковых мощностях необходимо ввести понятие дефицита пиковой мощности. При этом под пиковой мощностью следует понимать такую электростанцию или отдельный агрегат, которые независимо от продолжительности их работы в течение суток (1—2 ч или 10—12 ч) допускают возможность их ежедневного останова и пуска без снижения надежности энергоснабжения. В отличие от них станции базисного типа не допускают ежедневных остановов и пусков их оборудования, но позволяют в определенных размерах регулировать свою мощность.

Если взять график нагрузки конкретной энергосистемы (рис. 4-6), то для него можно найти максимальную мощность базисных электростанций ($N_{\text{баз}}^{\text{макс}}$), минимальная технически допустимая нагрузка которых совпадает с минимумом графика нагрузки ($P^{\text{мин}}$). Сооружение базисных станций сверх этой величины $N_{\text{баз}}^{\text{макс}}$ в рассматриваемой энергосистеме приведет к превышению их допустимого минимума над $P^{\text{мин}}$, т. е. их мощность во время ночного провала нагрузки не может быть использована в данной энергосистеме. Таким образом, рассматриваемая энергосистема при отсутствии связей с другими энергосистема-

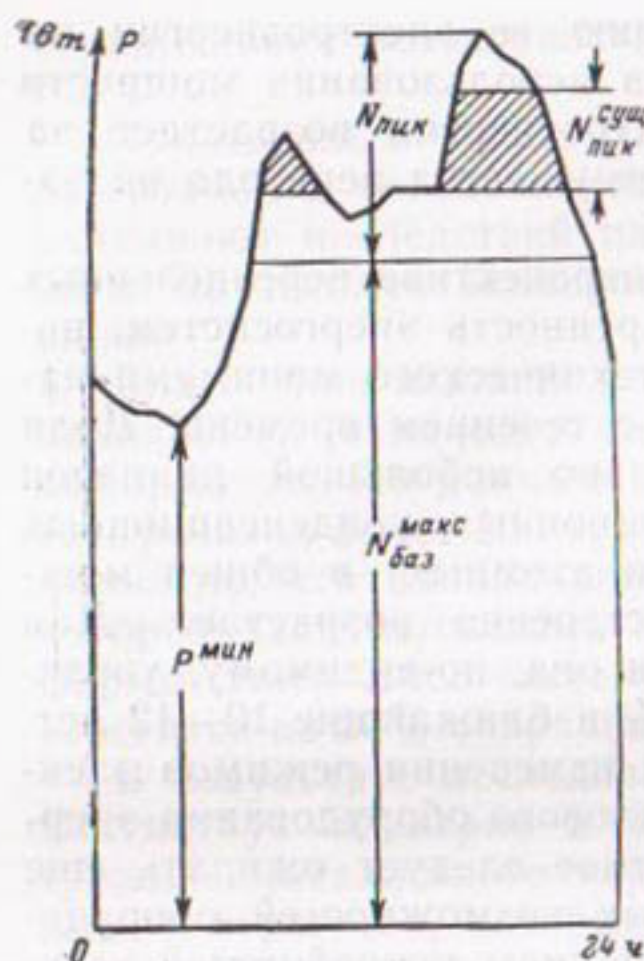


Рис. 4-6. Схема определения дефицита пиковой мощности.

ми не сможет больше развиваться только за счет базисных электростанций; необходимо наличие пиковых электростанций общей мощностью $N_{\text{пик}}$. Если из этой мощности вычесть мощность уже построенных пиковых электростанций ($N_{\text{сущ}_{\text{пик}}}$), то оставшаяся мощность и будет характеризовать дефицит пиковых мощностей в данной энергосистеме, т. е. $N_{\text{деф}} = N_{\text{пик}} - N_{\text{сущ}_{\text{пик}}}$.

Анализ основных энергосистем, входящих в ЕЕЭС, показывает, что при проектировании их развития необходимо считаться с появлением в этих системах уже в ближайшие 3—5 лет заметного дефицита пиковых мощностей, измеряемого миллионами киловатт.

Проблема покрытия пиков нагрузки не является специфичной только для советской электроэнергетики. Зарубежная энергетика столкнулась с ней значительно раньше. Это объясняется большей по сравнению с СССР неравномерностью графиков электрической нагрузки энергосистем в развитых капиталистических странах. По данным Комитета по электроэнергии Европейской комиссии ООН для большинства стран Европы минимальная нагрузка энергосистем уже в середине 60-х годов составила 0,3—0,5 суточного максимума.

Анализируя мировой опыт решения проблемы покрытия пиков нагрузки, следует отметить два принципиальных направления, вытекающие из двух основных причин возникновения этой проблемы, а именно: использование специальных пиковых электростанций и проведение мероприятий по уплотнению графиков электрической нагрузки. Последнее включает в себя сооружение специальных потребителей-регуляторов, потребляющих энергию

в основном в период ночного провала нагрузок, введение дифференцированного тарифа на электроэнергию, стимулирующего большее потребление энергии в ночные часы и т. п. Таким образом, первое направление способствует увеличению маневренных возможностей энергосистемы, а второе — уменьшает неравномерность графиков нагрузки.

Возможности регулирования графиков электрической нагрузки с целью уменьшения их неравномерности путем специальных многоставочных тарифов и ввода специальных потребителей-регуляторов, работающих в периоды снижения электрической нагрузки (карбидные печи и т. п.), весьма ограничены и (по материалам Комитета по электроэнергии Европейской экономической комиссии ООН) лишь временно снижают остроту проблемы, но не решают ее. Поэтому для решения проблемы покрытия пиков нагрузки в зарубежных энергосистемах широко используется строительство специальных пиковых электростанций.

Сооружение пиковых электростанций обусловлено и экономическими обстоятельствами. Кратковременность пиковых нагрузок позволяет целесообразно использовать менее экономичное, но маневренное оборудование, имеющее меньшую стоимость. Перерасход топлива при малом числе часов использования мощности будет незначительным, а экономия капитальных затрат большая.

В мировой практике среди источников пиковой мощности рассматриваются обычные гидравлические, гидроаккумулирующие (ГАЭС), специально пиковые паротурбинные, газотурбинные и дизельные электростанции; в этих же целях учитывается возможность использования перегрузочной способности ТЭС. Выбор того или иного маневренного источника электроэнергии для конкретной энергосистемы связан с энерго-экономическим сопоставлением.

В последние годы в ряде стран широкое развитие приобретает строительство гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС). К концу 1968 г. во всем мире эксплуатировалось 146 ГАЭС суммарной мощностью более 13 млн. кВт.

Первые ГАЭС были построены в Европе в конце прошлого века. В 1912 г. в Западной Европе уже насчитывалось 7 ГАЭС. За период 1912—1927 гг. было введено в эксплуатацию 32 ГАЭС с единичной мощностью агрегатов до 6 Мвт. В 30-х годах темпы гидроаккумулирования резко возрастают. Единичная мощность агрегатов достигает 45—50 Мвт. В этот период широкое распространение ГАЭС получают в Австрии, Германии, Швейцарии, Италии. Начинается строительство ГАЭС в США, Бразилии, Чили. В 1934 г. на ГАЭС Бальденей в Руре была установлена первая обратимая гидромашина.

Значительное развитие ГАЭС получают после второй мировой войны. На путь широкого строительства ГАЭС встали такие страны, как США, Япония, Великобритания и ряд других.

Таблица 4-20

Число и мощность ГАЭС по отдельным странам [1968 г.]

Страна	Эксплуатируемые ГАЭС		Строящиеся ГАЭС	
	Количество электростанций	Суммарная мощность в турбинном режиме, Мвт	Количество электростанций	Проектная мощность в турбинном режиме, Мвт
Всего в мире	146	13 648	28	8 122
В том числе:				
Англия	4	765	4	2 340
ГДР	7	613	—	—
Австрия	11	1 170	1	150
Италия	17	750	—	—
Канада	1	207	1	1 000
Люксембург	1	900	—	—
США	14	3 684	7	2 245
Франция	8	405	—	—
ФРГ	26	1 914	—	—
Швейцария	21	1 092	1	160
Япония	14	1 600	5	1 434

С 1945 по 1966 г. построено более 30 ГАЭС с агрегатами единичной мощностью до 250 Мвт. В табл. 4-20 приведены данные по эксплуатируемым и строящимся ГАЭС в отдельных странах мира (по данным на 1968 г.).

В таких странах, как США, ФРГ, Япония, Англия, ожидается в перспективе еще более значительный рост мощности ГАЭС. Характерны тенденции развития ГАЭС: увеличение единичной мощности агрегатов, использование все более высоких напоров, повышение мощности отдельных электростанций. Так, на ГАЭС Том-Соук (США) установлены обратимые машины радиально-осевого типа мощностью по 204 Мвт при напоре 253 м. На ГАЭС Корнуолл (США) мощностью 2 000 Мвт предполагается установить агрегаты по 225 Мвт при напоре 345 м, а на ГАЭС Лох-Ломонд (Англия) мощностью 1 200 Мвт обратимые гидромашины будут иметь мощность по 300 Мвт при напоре 377 м. В США также предполагается начать строительство ГАЭС Лодингтон, где будут установлены 6 агрегатов по 312 Мвт каждый; в ФРГ на Рейне проектируется ГАЭС Францозенкопф на напор 385 м мощностью 2 400 Мвт. В Японии проектируется морская ГАЭС мощностью 1 000 Мвт, у которой в качестве нижнего бьефа используется океан.

Наряду с ГАЭС за рубежом широко используются специальные пиковые газотурбинные и паротурбинные электростанции.

Газотурбинные электростанции (ГТЭ), предназначенные для покрытия пиковых нагрузок, имеют облегченную тепловую схему без регенерационного цикла, пониженную температуру рабочего газа, к. п. д. примерно 20—25% и удельный расход топ-

лива 0,45—0,55 кг $y \cdot t$ /квт $\cdot$ ч. Пиковые газотурбинные электростанции имеют высокую степень автоматизации и часто дистанционное управление. Небольшой расход воды на нужды электростанции позволяет выбирать ее местоположение практически вне зависимости от источников водоснабжения.

Так же как и ГАЭС, газотурбинные электростанции могут нести частотный и другие виды резерва в энергосистеме, работать в режиме синхронного компенсатора и т. д. По своей маневренности агрегаты ГТЭ удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к пиковым электростанциям. Время пуска и набора нагрузки газовыми турбинами значительно меньше, чем на обычных ТЭС, и составляет 15—30 мин. Это, однако, почти в 10 раз больше, чем для гидроаккумулирующих агрегатов. Кроме того, агрегаты ГАЭС обладают несколько большей долговечностью, меньшими постоянными издержками и рядом эксплуатационных преимуществ. Следует также считаться с тем, что при большой мощности ГТЭ требуется создание специальных емкостей для хранения газа.

Однако наиболее существенным преимуществом ГАЭС по сравнению с ГТЭ является то, что при одной и той же мощности этих электростанций в покрытии пиковой части графика нагрузки гидроаккумулирующие электростанции своей работой в насосном режиме повышают нагрузку энергосистемы в период ночного провала, обеспечивая тем самым дополнительное снижение потребности энергосистемы в пиковых мощностях.

Используемые в отдельных странах для покрытия пиков нагрузки пиковые паротурбинные агрегаты отличаются от современных агрегатов ТЭС «базисного» типа пониженными параметрами пара и упрощенной тепловой схемой. Это позволяет не только снизить удельные капиталовложения на 1 квт мощности этих агрегатов при некотором ухудшении их к. п. д., но и одновременно повысить надежность работы оборудования в неравномерных режимах. Резкие толчки нагрузки, систематические остановки и пуски агрегатов и другие нарушения установившихся режимов работы значительно легче переносятся оборудованием меньшей мощности на сниженных параметрах пара и при упрощенной тепловой схеме, чем обычными агрегатами на сверхкритических параметрах пара.

Построенные за рубежом электростанции подобного типа отвечают этим требованиям. Так, пиковая электростанция Мартинс Крик в США имеет суммарную мощность 1 млн. квт с единичной мощностью агрегатов 125 тыс. квт и параметрами пара 88 ата и 310°С.

Для решения проблемы покрытия пиков нагрузки в энергосистемах СССР предусматривается использование различных источников пиковой мощности. Наряду со строительством специальных пиковых газотурбинных и паротурбинных электростанций рассматриваются возможности сооружения новых пико-

вых ГЭС, увеличение мощности уже построенных гидроэлектростанций и строительство гидроаккумулирующих электростанций.

Изучение возможностей сооружения новых пиковых гидроэлектростанций в районах европейской территории СССР и особенно в районах, испытывающих наибольшую потребность в пиковых мощностях, показало, что эти возможности крайне ограничены. После завершения находящихся в строительстве гидроэлектростанций использование экономического потенциала гидроэнергоресурсов в целом по европейской части СССР превысит 40%, а в районах с наибольшим дефицитом пиковой мощности 60—65%.

При этом оставшиеся гидроэнергоресурсы сосредоточены главным образом на севере европейской части СССР и на Кавказе, т. е. их использование связано с необходимостью строительства длинных линий электропередачи.

В связи с ограниченными возможностями строительства новых ГЭС были изучены технические и экономические условия увеличения мощности ряда построенных гидроэлектростанций, тем более что появление каскадов ГЭС на отдельных водотоках значительно изменило водноэнергетические показатели первых гидроэлектростанций, построенных на этих реках. Изменилась зарегулированность стока и размеры пусков из водохранилищ по сравнению с изолированной работой гидроэлектростанций.

Кроме того, в ряде энергосистем, особенно европейской части СССР, из-за обострения дефицита топлива существенно изменились критерии экономической эффективности использования дополнительной мощности и выработки ГЭС. Стоимость замыкающих видов топлива значительно возросла, что обуславливает целесообразность более полного использования энергии водотока путем увеличения мощности гидроэлектростанций.

Проектные проработки и энергетические расчеты по ряду ГЭС европейской части Союза показали экономическую целесообразность увеличения мощности таких ГЭС, как Волжская имени В. И. Ленина, Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина, Кегумская, и некоторых других. Тем не менее даже с учетом этого суммарная мощность новых ГЭС в дефицитных по пиковой мощности районах может составить лишь примерно 4 млн. кВт. В этих условиях особый интерес представляет сооружение гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС).

Исследованиями института Гидропроект выявлено более 100 площадок, на которых возможно сооружение ГАЭС, из них в качестве первоочередных выбрано 15 ГАЭС, общей мощностью 15—20 млн. кВт, расположенных вблизи центров пиковой нагрузки. В их числе Загорская и Алексинская в ОЭС Центра, Ломачинская, Дубоссарская, Тербля-Рикская в ОЭС Юга, Каунасская в ОЭС Северо-Запада и др. мощностью 1 000—1 500 Мвт каждая.

Помимо ГАЭС чистого вида, работающих на оборотной воде, возможно сооружение так называемых ГЭС—ГАЭС, исполь-

зующих также и приточную воду. В качестве подобного рода электростанций можно отметить Понышскую ГЭС—ГАЭС мощностью 820 тыс. кВт на р. Чусовой и Унижскую ГЭС—ГАЭС мощностью 500 тыс. кВт на р. Днестре.

В районах европейской территории СССР напоры возможных ГАЭС не превышают 100—120 м и лишь в районах Западной Украины они достигают 150—170 м. Удельная стоимость ГАЭС (по имеющимся в настоящее время материалам) примерно в 2 раза превышает стоимость газотурбинных электростанций, обладающих также высокими маневренными качествами и приспособленных для работы в резкопеременном режиме с частыми остановами.

Экономический анализ, проведенный по ряду проектов ГАЭС, показывает, что дополнительные капиталовложения в гидроаккумулирующую электростанцию по сравнению с газотурбинной электростанцией компенсируются эффектом, который выражается: в итоговой экономии топлива в энергосистеме при вводе ГАЭС; в экономии ежегодных эксплуатационных затрат; в эффекте от заполнения ночного провала графика нагрузки при работе ГАЭС в насосном режиме. Кроме того, в отдельных случаях может иметь место эффект от использования ГАЭС в качестве аварийного резерва быстрого ввода.

Экономия топлива при вводе ГАЭС объясняется тем, что для ее зарядки используется лишь догрузка тепловых мощностей, работающих ночью с пониженной мощностью. При этом дополнительный расход топлива на 1 кВт·ч энергии, необходимой для зарядки ГАЭС, при догрузке конденсационных агрегатов ТЭС составит 0,25—0,30 кг условного топлива. При догрузке теплофикационных агрегатов, работающих с редуцированием пара для потребителей тепла, дополнительный расход топлива на зарядку ГАЭС за счет уменьшения отпуска пара через РОУ будет еще меньше и составит 0,1—0,15 кг/кВт·ч. Таким образом, зарядка ГАЭС будет производиться при довольно низких расходах топлива.

В перспективе при большом удельном весе атомных электростанций и при необходимости их разгрузки в ночной период зарядка ГАЭС может производиться от АЭС, имеющих очень небольшие затраты по топливу.

С учетом к. п. д. гидроаккумулирующей электростанции, равным примерно 0,7, для выдачи 1 кВт·ч энергии в часы «пик» ГАЭС будет потреблять 1,4 кВт·ч в ночной период. В этих условиях пиковый кВт·ч, вырабатываемый ГАЭС, будет обходиться энергосистеме соответственно в 0,36—0,43 кг условного топлива при зарядке от конденсационных электростанций и в 0,15—0,22 кг при зарядке от теплофикационного оборудования, работающего с редуцированием пара.

Газотурбинная электростанция, работая в часы прохождения максимума нагрузки, тратит примерно 0,5 кг/кВт·ч, т. е. су-

щественно больше расхода топлива в энергосистеме при работе ГАЭС.

В итоге, несмотря на то что общее количество потребляемой энергии для зарядки ГАЭС и превышает количество вырабатываемой ею энергии в часы «пик», ввод ГАЭС в энергосистему приводит к экономии топлива по сравнению с покрытием пика нагрузки за счет газотурбинных электростанций.

Экономия ежегодных эксплуатационных затрат на ГАЭС по сравнению с газотурбинной электростанцией достигается за счет меньших амортизационных отчислений (отчисления на реновацию и капитальный ремонт), меньших затрат на текущий ремонт и т. п. В результате даже с учетом больших единовременных капиталовложений в ГАЭС абсолютная величина эксплуатационных затрат по ГАЭС в два раза меньше, чем по газотурбинной электростанции соответствующей мощности.

Эффект от заполнения ночного провала графика нагрузки является характерным только для ГАЭС, которые повышают ночную загрузку теплосилового оборудования. Количественная оценка этого эффекта представляет определенные трудности.

В тех случаях, когда в энергосистеме отсутствует дефицит пиковых мощностей, ввод ГАЭС вместо газотурбинной электростанции не изменяет структуры остальных мощностей в энергосистеме. В этих случаях повышение ночной нагрузки при работе ГАЭС в насосном режиме уменьшает неравномерность работы базисных ТЭС, давая им возможность работать в более экономичном режиме. В конечном итоге это повышает коэффициент готовности теплосилового оборудования. Количественная оценка эффекта от заполнения ночного провала нагрузки заключается в определении экономии затрат на ремонты оборудования, экономии от повышения надежности работы энергосистемы и увеличения сроков службы оборудования.

В тех случаях, когда энергосистема испытывает дефицит пиковых мощностей, увеличение ночной нагрузки при работе ГАЭС в насосном режиме снижает величину этого дефицита, позволяя иметь в энергосистеме большее количество высокоэкономичных тепловых электростанций на закритических параметрах пара, чем в варианте покрытия пика нагрузки газотурбинными электростанциями, и соответственно уменьшить количество специальных пиковых ТЭС, т. е. при этом изменяется структура генерирующих мощностей.

Увеличение суммарной мощности высокоэкономичных тепловых электростанций ($\Delta N_{\text{баз}}$) определяется мощностью ГАЭС в насосном режиме ($N_{\text{нас}}$):

$$\Delta N_{\text{баз}} = \frac{N_{\text{нас}}}{0,6},$$

где коэффициент 0,6 соответствует техническому минимуму нагрузки базисных ТЭС. Соответственно на эту величину $\Delta N_{\text{баз}}$ должно быть уменьшено общее количество пиковых ТЭС.

Пиковая ТЭС имеет несколько упрощенную тепловую схему на пониженных параметрах пара, что позволяет использовать ее для работы в переменном режиме. При этом она характеризуется несколько повышенным расходом топлива по сравнению с обычной тепловой электростанцией на закритических параметрах пара. Стоимость такой электростанции может быть принята на 10—20 % ниже стоимости крупной базисной ТЭС. Расход топлива на пиковой ТЭС при 3 000—4 000 ч ее использования в году составит примерно 0,45 кг/кВт·ч.

Замена части пиковых ТЭС высокоэкономичными тепловыми электростанциями на закритических параметрах пара приводит к существенной экономии топлива в энергосистеме. Вместе с тем вследствие несколько меньшей стоимости пиковых ТЭС будет иметь место некоторый перерасход капиталовложений.

Суммарные затраты при увеличении мощности высокоэкономичных тепловых электростанций в системе на величину $\Delta N_{\text{баз}}$ за счет экономии топлива существенно меньше затрат при установке вместо них пиковых паротурбинных ТЭС, при этом чем больше число часов использования мощности пиковых ТЭС, тем больше экономия затрат. Количественная оценка этой экономии затрат и отражает эффект от заполнения ночного провала нагрузки при сооружении ГАЭС в случае дефицита пиковых мощностей в энергосистеме.

Экономическое сопоставление гидроаккумулирующих электростанций, характерных для условий европейской территории СССР, с пиковыми газотурбинными электростанциями с учетом приведенных выше факторов показывает, что расчетные затраты по ГАЭС при использовании их установленной мощности более 500—700 ч в год меньше соответствующих затрат по газотурбинной электростанции (рис. 4-7).

Если перейти к суточным графикам нагрузки, то указанное выше годовое число часов использования будет соответствовать примерно полутора—двухчасовой зоне пиковой части графика нагрузки.

Тогда вывод об экономически целесообразной зоне использования пиковых газотурбинных и гидроаккумулирующих электростанций можно сформулировать так: самый острый пик суточных графиков нагрузки продолжительностью менее 2 ч экономично заполнять газотурбинными электростанциями, а нижнюю часть пика следует заполнять гидроаккумулирующими электростанциями.

Нижняя граница экономичного использования ГАЭС в суточных графиках нагрузки из-за сравнительно небольших напоров (100—120 м) ограничивается зоной пиковой части продол-

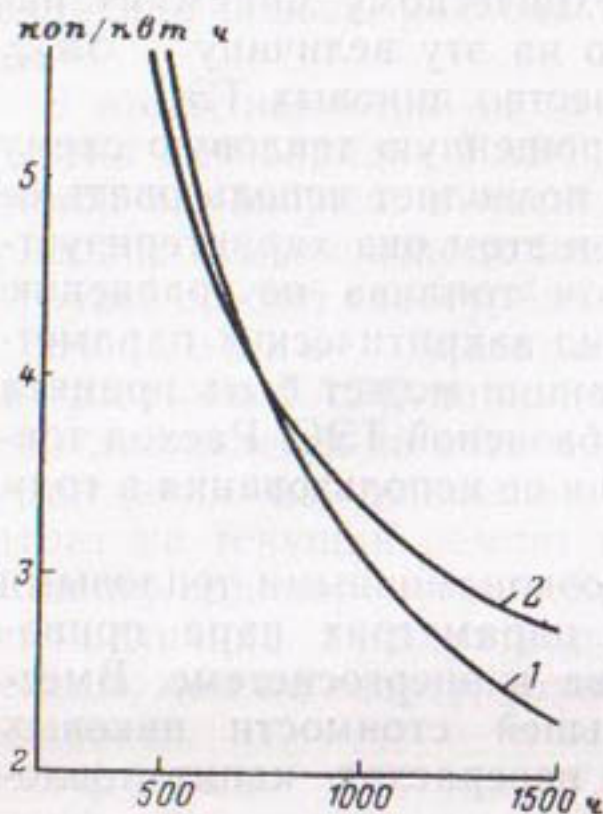


Рис. 4-7. Зависимость удельных расчетных затрат по гидроаккумулирующей (1) и газотурбинной (2) электростанциям от годового числа часов использования их мощности.

жительностью 4—5 ч. Таким образом, при оценке максимальной доли ГАЭС в структуре мощностей энергосистем следует ориентироваться на возможность их использования в турбинном режиме в двух—пятичасовой пиковой зоне суточного графика нагрузки.

В настоящее время указанная зона графиков нагрузки заполняется гидравлическими электростанциями с регулирующими водохранилищами. В перспективе вследствие абсолютного и относительного роста пиковой части графика нагрузки появляется возможность размещения в 2—5-часовой зоне как новых пиковых ГЭС, так и ГАЭС.

В будущем потребность отдельных энергообъединений европейской части СССР в новых пиковых ГЭС и ГАЭС для работы в указанной зоне составит 4—6% максимальной нагрузки этих энергообъединений. Эти цифры по существу и определяют максимально возможную долю ГАЭС в перспективной структуре мощностей энергосистем.

Суммарная потребность отдельных энергосистем в пиковых мощностях в будущем оценивается в 30—35% соответствующего годового максимума нагрузки. Проектные проработки показывают, что более половины этой потребности будет покрываться действующими, строящимися и проектируемыми гидравлическими и гидроаккумулирующими электростанциями, а остальное — за счет газотурбинных и специальных пиковых паротурбинных электростанций. Таким образом, в энергообъединениях СССР гидравлические и гидроаккумулирующие электростанции должны играть значительную роль в решении проблемы покрытия пиков нагрузки.

4-4

Экономическая основа гидроэнергетического строительства

Основные экономические характеристики гидроэлектростанций

Удельные капиталовложения в гидротехническое строительство. Показатель удельных капиталовложений применяется в отечественной и зарубежной практике для экономической характеристики промышленных предприятий в различных отраслях. В гидроэнергетике наибольшее распространение получили две характеристики: удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности и удельные капиталовложения на 1 кВт·ч среднесуточной выработки. Поскольку значительная часть гидроэлектростанций предназначена для работы в пиковой части графика нагрузок, т. е. с малым числом часов использования установленной мощности, удельные капиталовложения на 1 кВт·ч могут дать искаженное представление о ГЭС; поэтому необходимо при сопоставлениях обращать внимание на оба вида показателей.

В табл. 4-21 приводятся для примера удельные капиталовложения по некоторым крупным гидроэлектростанциям. В данной таблице и везде далее стоимостные показатели приведены в ценах 1955 г.

Из таблицы видно, как влияет на удельные показатели число часов использования установленной мощности ГЭС.

Таблица 4-21

Удельные капиталовложения по ряду крупных гидроэлектростанций

Гидроэлектростанция	Установ- ленная мощность (по проек- ту), Мвт	Выработ- ка энер- гии, млрд. квт·ч	Число часов использо- вания	Удельные капитальные вложения в энерге- тику	
				руб/квт	коп/квт·ч
Плявиньская имени В. И. Ленина	825	1,5	1 860	93	5,0
Усть-Илимская	3 600	21,7	6 030	112	1,9
Красноярская	5 000	20,0	4 000	113	2,8
Братская имени 50-летия Великого Октября	4 100	22,6	5 500	144	2,6
Нурекская	2 700	11,2	4 250	158	3,7
Чиркейская	1 000	2,4	2 470	180	7,3
Волжская имени XXII съез- да КПСС	2 563	11,1	4 340	196	4,5
Волжская имени В. И. Ленина	2 300	11,0	4 800	300	6,3
Кременчугская	625	2,3	3 680	332	9,0

Таблица 4-22

Обобщенные технико-экономические показатели гидроэлектростанций по пятилетним периодам

Периоды, годы	Число учтенных ГЭС	Установ- ленная мощность (по проек- ту), млн. квт	Средне- многолет- няя выра- ботка энергии, млрд. квт·ч	Капиталовложения, млн. руб.		Удельные капиталов- ложения, относимые на энергетику	
				раздел «А»	отнесен- ные на энерге- тику	руб/квт	коп/квт·ч
Европейская часть СССР							
1951—1955	26	5,32	22,3	2 400	1 877	358	8,4
1956—1960	10	3,74	15,0	1 244	1 000	268	6,7
1961—1965	13	3,27	9,1	837	624	191	6,9
1966—1970	11	3,86	11,9	1 278	1 011	262	8,5
1951—1970	60	16,19	58,3	5 759	4 512	279	7,7
Восточные районы СССР							
1951—1955	5	1,14	6,5	286	257	225	3,9
1956—1960	6	1,20	4,9	286	227	188	4,6
1961—1965	5	5,01	24,9	802	677	135	2,7
1966—1970	6	7,16	28,3	1 414	1 194	167	4,2
1951—1970	22	14,51	64,6	2 788	2 355	162	3,64
В целом по СССР							
1951—1955	31	6,46	28,8	2 686	2 134	330	7,4
1956—1960	16	4,94	19,9	1 530	1 227	249	6,2
1961—1965	18	8,28	34,0	1 639	1 301	157	3,8
1966—1970	17	11,02	40,2	2 692	2 205	200	5,5
1951—1970	82	30,70	123,0	8 547	6 867	224	5,6

Более сложным является определение показателей удельных капиталовложений для гидроэнергетики в целом за какой-либо период (год).

Эта сложность проистекает из-за того, что в рассматриваемом периоде (годе) может иметь место ввод мощности на гидроэлектростанциях, строительство и капитальные вложения по которым осуществлялись главным образом ранее. Могут быть также гидроэлектростанции, строительство и капиталовложения по которым осуществляются в значительной степени в рассматриваемый период, а ввод мощности осуществляется в последующий период.

Поэтому неправильным является метод определения удельных капиталовложений в гидроэнергетику как частного от деления капиталовложений в данный период или год на вводимую в этот период или год мощность ГЭС, поскольку большая часть

этих капиталовложений не имеет отношения к размеру вводимой в этот период мощности [Л. 22].

В связи с изложенным при определении удельных капиталовложений в гидроэнергетическое строительство за какой-либо период (год), обычно учитывают те ГЭС, по которым осуществлена за рассматриваемый период наибольшая доля вложений. При этом принимаются в расчет полная проектная мощность и полные капиталовложения, относимые на энергетику.

Гидроэнергетическое строительство, особенно в европейских районах страны и в Средней Азии, всегда было тесно связано с комплексным использованием водных ресурсов. Оно внесло большой вклад в создание глубоководной системы транспортных путей, в обеспечение развития ирригационного строительства и ряда других мероприятий.

Для того чтобы выявить отраслевую капиталоемкость гидроэнергетики и ее динамику, в табл. 4-22 приводятся удельные капиталовложения в гидроэнергетическое строительство по пятилетиям начиная с 1951 г.

Капиталовложения, относимые на энергетику, по 82 ГЭС составляют суммарно 6,74 млрд. руб., т. е. 81,3% сметной стоимости по разделу «А». Остальные 1,54 млрд. руб. (18,7%) электроэнергетика вложила по этой группе ГЭС за счет своих ассигнований в другие отрасли народного хозяйства.

В табл. 4-22 обращает внимание высокая экономичность гидроэлектростанций азиатской части СССР. Наряду с этим следует отметить, что необходимость гидроэнергостроительства в европейской части СССР вызвана рядом обстоятельств (в том числе напряженностью топливного баланса) и особенно потребностью в пиковых мощностях.

При общей тенденции к перемещению промышленности в восточные районы страны для гидроэнергетики характерно строительство значительного числа гидроэлектростанций и в европейской части. С этим связано замедление снижения, а в некоторые периоды и повышение средних удельных капиталовложений по гидроэлектростанциям страны. В этом же направлении действует и увеличение объема гидростроительства в отдаленных северных и северо-восточных районах страны (Вилуйская, Усть-Хантайская ГЭС).

Необходимо иметь в виду, что удельные капиталовложения являются одним из многих экономических показателей, характеризующих отдельные гидроэлектростанции и гидроэнергетическое строительство. По одному этому показателю невозможно иметь суждение об эффективности гидроэлектростанций.

Следует одновременно рассматривать экономию издержек на гидроэлектростанции и такие комплексные показатели, как срок окупаемости или расчетные затраты.

Себестоимость электроэнергии. В основных фондах гидроэлектростанций преобладают долговременно эксплуатируемые

Таблица 4-23

Структура затрат на производство электроэнергии (%)

Элементы затрат	ГЭС	КЭС
Топливо	—	60
Амортизация	85	19
В том числе:		
реновация	66	8
Зарплата	5	14
Прочие	10	7

сооружения: массивные здания, земляные, бетонные и железобетонные конструкции, что обуславливает низкий процент амортизационных отчислений. Затраты труда на эксплуатацию гидроэлектростанций связаны в основном лишь с ремонтом и наблюдением за работой машин и сооружений. Все это определяет низкую величину себестоимости электроэнергии на ГЭС, особенности структуры которой отображены в табл. 4-23.

Из-за отсутствия топливной составляющей, меньшего удельного веса зарплаты и более низкого процента амортизационных отчислений (что связано со структурой основных фондов) себестоимость электроэнергии на ГЭС существенно ниже себестоимости электроэнергии на тепловых электростанциях.

Сопоставление фактической себестоимости электроэнергии на районных тепловых и гидравлических электростанциях по отчетным данным приведено в табл. 4-24.

Средняя производственная себестоимость электроэнергии ГЭС за последнее десятилетие имела неуклонную тенденцию к снижению.

Таблица 4-24

Себестоимость электроэнергии на районных электростанциях (коп/квт · ч)

Показатели	Год			
	1958	1959	1960	1961
Всего	0,66	0,66	0,64	0,63
В том числе:				
на тепловых электростанциях	0,83	0,80	0,77	0,76
на гидроэлектростанциях	0,19	0,20	0,22	0,20
Отношение себестоимости энергии ТЭС и ГЭС	4,3	4,0	3,5	3,8

* 1967 г. характеризуется как маловодный: выработка энергии лишь 88,6 млрд. квт · ч

Снижение себестоимости электроэнергии происходило до 1966 г. также и на тепловых электростанциях. Рост себестоимости электроэнергии на ТЭС в 1967—1968 гг. был вызван повышением отпускных цен на топливо, которые до этого были ниже затрат, связанных с его добычей и транспортом.

Говоря о себестоимости электроэнергии строящихся и проектируемых ГЭС, следует отметить, что ГЭС Сибири и Средней Азии будут характеризоваться весьма низкой ее величиной, а ряд ГЭС европейской части страны с малым числом часов использования, сооружаемых в основном как мощностные электростанции для покрытия пиков графиков электрической нагрузки и несения резервных функций, будут иметь сравнительно высокую себестоимость электроэнергии. Это отнюдь не свидетельствует об их малой экономичности, так как целесообразность сооружения таких ГЭС обоснована в каждом отдельном случае сопоставлением со специальными пиковыми тепловыми электростанциями.

Прибыль, обеспечиваемая гидроэнергостроительством, и его рентабельность. Производство электроэнергии на гидроэлектростанциях отличается высокой рентабельностью.

Так, например, за 13 лет, с 1956 по 1968 г., прибыль (без учета налога с оборота) от реализации электрической и тепловой энергии районных тепловых электростанций МЭиЭ СССР составила 8,3 млрд. руб. (55%), а от выработки гидроэлектростанций — 6,8 млрд. руб. (45%), тогда как товарная продукция тепловых электростанций составила 43,6 млрд. руб. (82%), а гидроэлектростанций — 9,3 млрд. руб. (18%). На каждый рубль товарной продукции тепловые электростанции дали прибыль 19 коп., а гидроэлектростанции 73 коп.

Прибыль от гидроэлектростанций начиная с 1961 г. превышает капиталовложения в гидроэнергостроительство (рис. 4-8).

При этом следует добавить, что осуществленные капитальные затраты принесли кроме энергетического эффекта значи-

ды							
1962	1963	1964	1965	1966	1967*	1968	
0,59	0,58	0,57	0,57	0,57	0,60	0,68	
0,72	0,70	0,68	0,67	0,68	0,75	0,82	
0,19	0,16	0,16	0,15	0,14	0,15	0,14	
3,8	4,4	4,3	4,5	4,9	5,0	5,9	

против 91,8 млрд. коп. в 1966 г. и 104,0 млрд. коп. в 1968 г.

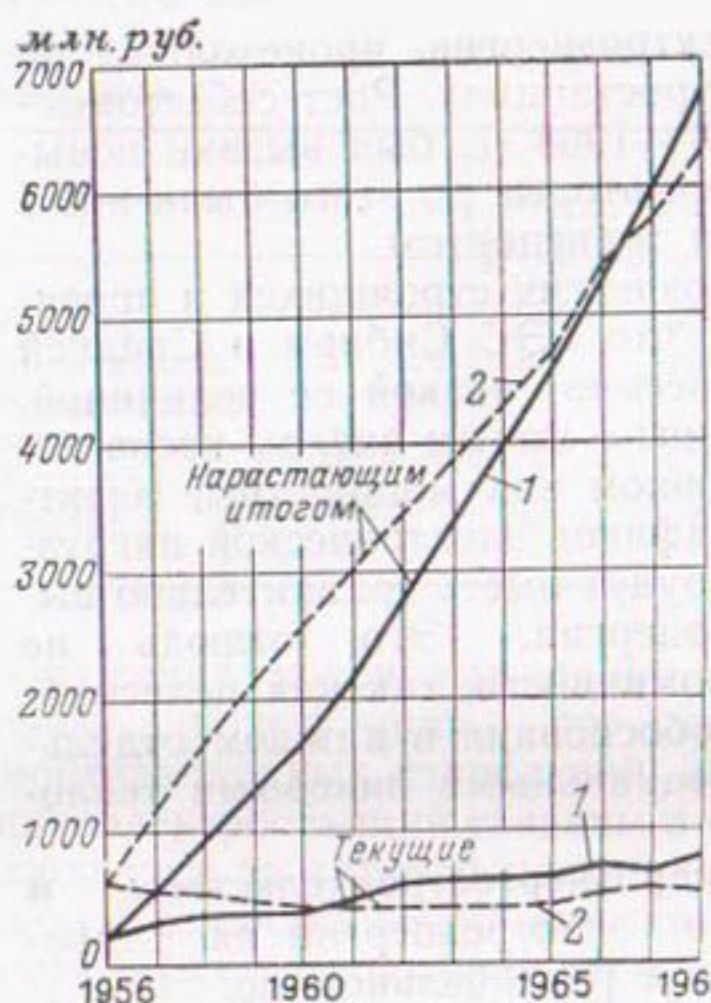


Рис. 4-8. Прибыль и капиталовложения в гидроэнергетику.

1 — прибыль, обеспечиваемая гидроэнергией; 2 — капиталовложения в гидроэнергетику.

тельную прибыль для ряда других участников водохозяйственного комплекса: сельского хозяйства, речного транспорта, водоснабжения и т. д.

Следует отметить, что прибыль, обеспечиваемая гидроэнергостроительством, могла бы быть значительно большей, если бы не имело место неоправданное снижение темпов гидроэнергостроительства в период 1956—1970 гг. Так, по оценке Временной научно-технической комиссии Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике и АН СССР за этот период народное хозяйство страны недополучило более 2 млрд. руб. прибыли из-за сдерживания финансирования строящихся ГЭС.

Представляет интерес ориентировочная оценка рентабельности действующих гидроэнергетических фондов.

Основные производственные фонды электроэнергетики в 1967 г. составили 23,8 млрд. руб. и распределялись следующим образом [Л. 23]: на ГЭС — 21,6%; на ТЭС — 44,5%, на прочие — 33,9%.

При определении рентабельности к основным фондам и оборотным средствам ГЭС следует добавить 20% от «прочих» фондов и оборотных средств, которые включают ЛЭП, подстанции и другие элементы сооружений, участвующие в доведении электроэнергии ГЭС до потребителей.

Подсчитанная таким образом рентабельность гидроэнергетики в 1967 г. как отношение прибыли в размере 0,68 млрд. руб. к основным фондам и оборотным средствам в размере 6,8 млрд. руб. равна 10%. Это существенно выше средней рен-

табельности отрасли электроэнергетики, подсчитанной в [Л. 23] в размере 7,2%. Приведенные материалы свидетельствуют о высокой рентабельности ГЭС как социалистических хозрасчетных предприятий.

В энерго-экономической эффективности гидроэлектростанций существенную долю составляет топливный эффект гидроэлектростанций. Экономия затрат на топливо составляет от 15 до 70% общей экономии затрат, получаемой при вводе ГЭС в энергосистему вместо альтернативной тепловой электростанции, и зависит от числа часов использования установленной мощности ГЭС, структуры мощностей энергосистемы и технико-экономических характеристик топлива, вытесняемого с помощью гидроэлектроэнергии [Л. 1].

Гидроэлектростанции позволяют смягчить напряженность топливного баланса многих районов страны.

Для ряда районов, в частности республик Закавказья (особенно Грузинской и Армянской), гидроэлектростанции стали основной энергетической базой для развития экономики. Отказ от гидроэнергостроительства практически лишил бы их условий для развития.

Экономия условного топлива от ввода ГЭС по СССР на основных расчетных уровнях составила (млн. т условного топлива): в 1940 г. — 3,22; в 1950 г. — 7,25; в 1960 г. — 23,3; в 1965 г. — 32,6. Выработка электроэнергии гидроэлектростанциями в 1969 г., составившая 115,2 млрд. кВт·ч, при удельной экономии топлива примерно 0,4 кг у·т/кВт·ч обеспечила экономию около 45 млн. т у·т. Всего за весь послевоенный период гидроэлектростанции страны, выработав свыше 1 000 млрд. кВт·ч, сэкономили около 450 млн. т у·т.

Экономия трудовых затрат, обеспечиваемая гидроэнергостроительством. Вследствие преобладания основных слабо изнашивающихся фондов, высокой степени автоматизации и отсутствия затрат труда на получение энергоресурсов в период эксплуатации гидроэлектростанции характеризуются более высокой производительностью труда по сравнению с тепловыми электростанциями.

Численность людей, занятых на эксплуатации электростанций, определяется величиной штатного коэффициента, т. е. количеством промышленно-производственного персонала, приходящегося на 1 Мвт установленной мощности.

Значение штатного коэффициента для отдельных ГЭС, разных по мощности и количеству агрегатов, приведены в табл. 4-25.

На рис. 4-9 показана динамика штатных коэффициентов на ГЭС и ТЭС.

Приведенные данные свидетельствуют о значительной экономии в численности, обеспечиваемой гидроэлектростанциями в процессе эксплуатации.

Таблица 4-25

Штатный коэффициент на некоторых гидроэлектростанциях в 1968 г.

Гидроэлектростанция	Установлен- ная мощность, тыс. кВт	Количество агрегатов, штук	Штатный коэффициент чел/Мвт
Волжская имени XXII съезда КПСС	2 541	22	0,26
Волжская имени В. И. Ленина	2 300	20	0,23
Горьковская	520	8	0,38
Камская	504	24	0,55
Днепровская имени В. И. Ленина	650	9	0,27
Кременчугская	625	12	0,41
Каховская	351	6	0,46
Воткинская	1 000	10	0,34
Днепродзержинская	352	8	0,91
Новосибирская	400	7	0,40

В то же время из-за большей капиталоемкости в период строительства гидроэлектростанции требуют повышенных затрат трудовых ресурсов по сравнению с заменяемыми тепловыми электростанциями и топливными базами.

На рис. 4-10 сопоставляются количества работающих, занятых на строительстве и эксплуатации ГЭС и занятых на строительстве и эксплуатации заменяемых тепловых электростанций. Работающие на эксплуатации приняты с учетом ремонтников, работающих в централизованных организациях.

В целом на строительстве и эксплуатации заменяемых тепловых электростанций к концу рассматриваемого периода было бы занято на 240 тыс. больше работающих, чем на гидроэлектростанциях.

Общие трудовозатраты по варианту ГЭС за период 1951—1968 гг. составили примерно 650 млн. чел-дней. Трудозатраты по варианту заменяемых тепловых электростанций за тот же период составили 1300 млн. чел-дней. Суммарная экономия трудозатрат благодаря осуществленной программе гидроэнерго-

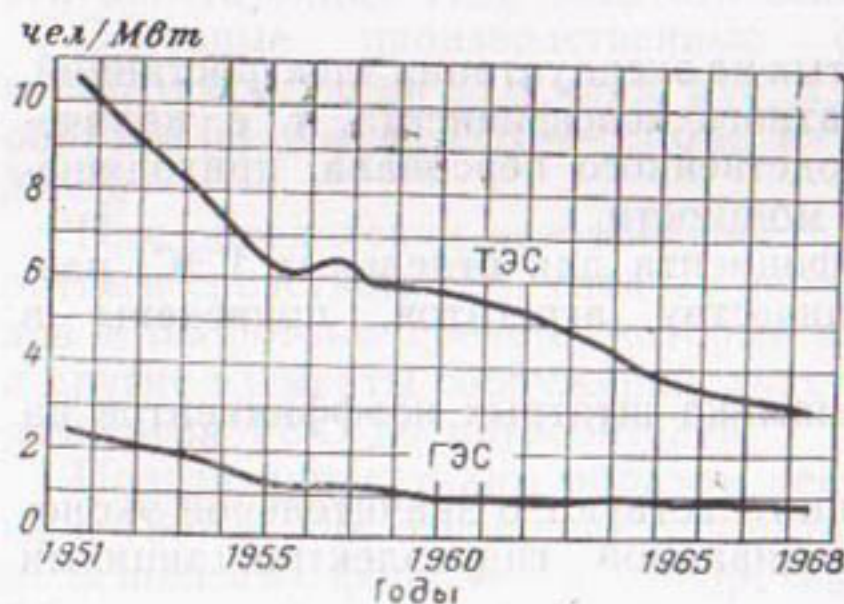
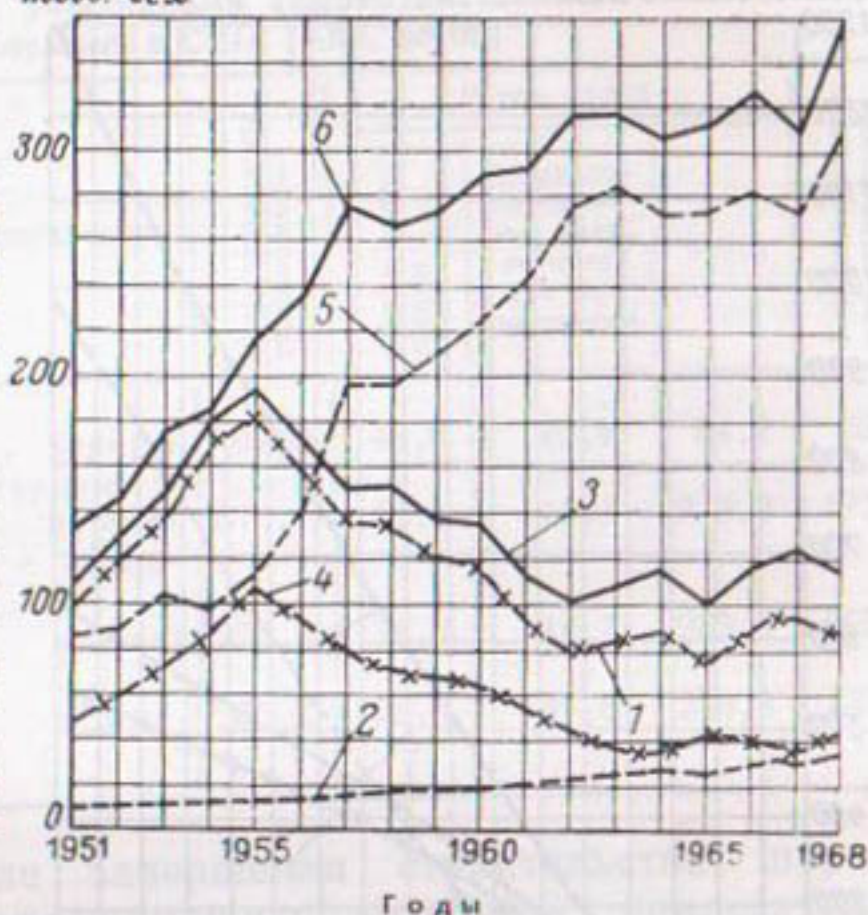


Рис. 4-9. Штатные коэффициенты тепловых и гидравлических электростанций СССР.

тыс. чел

Рис. 4-10. Сопоставление количества работающих, занятых на строительстве и эксплуатации гидроэлектростанций и на заменяемых тепловых электростанциях (с учетом топливной базы).

1 — на строительстве ГЭС; 2 — на эксплуатации ГЭС; 3 — суммарно на строительстве и эксплуатации ГЭС; 4 — на строительстве заменяемых тепловых электростанций; 5 — на эксплуатации заменяемых тепловых электростанций; 6 — суммарно на строительстве и эксплуатации заменяемых тепловых электростанций.



строительства составила 650 млн. чел-дней, а в целом осуществление этой программы потребовало трудозатрат в два раза меньше, чем потребовалось бы их в заменяемом теплоэнергетическом варианте (рис. 4-11).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что гидроэнергостроительство обеспечивает большую экономию трудозатрат в народном хозяйстве.

При выработке электроэнергии на ГЭС за период 1951—1968 гг., равной 935 млрд. кВт·ч, удельная экономия трудовых затрат (с учетом ведущегося нового строительства) составила 0,7 чел-дней на тыс. кВт·ч.

Комплексное назначение гидроэнергостроительства. Гидроэнергетическое строительство в СССР с первых шагов носило комплексный характер (см. гл. 1 и 3).

Крупное гидротехническое строительство явилось по существу первым звеном в реализации больших ирригационных проблем.

Способствующая роль гидроэнергетического строительства в развитии орошения осуществлялась в ряде направлений.

Во-первых, многие гидроузлы решают проблему головного питания для орошения площадей (Фархадский, Мингечаурский, Варваринский, Каховский и др.).

Во-вторых, при строительстве гидроэлектростанций создаются водохранилища больших емкостей. Режим их подчиняется в первую очередь интересам ирригации (Мингечаурский, Нурекский, Токтогульский и другие гидроузлы).

В-третьих, подпоры, создаваемые гидроузлами, облегчают вывод воды для орошения земель высоких ярусов (Нарын-Сыр-

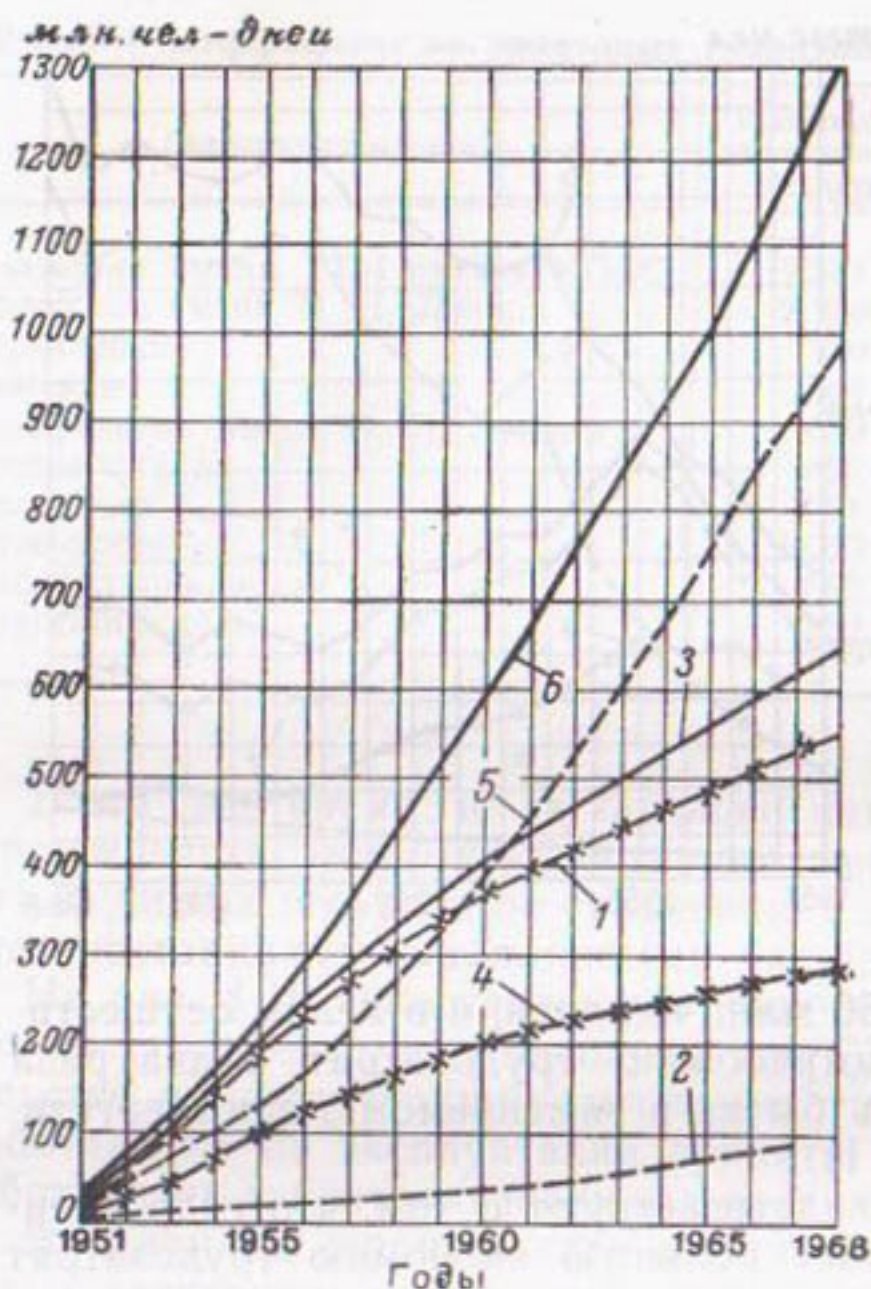


Рис. 4-11. Сопоставление трудозатрат на строительстве и эксплуатации гидроэлектростанций и заменяемых тепловых электростанций (с учетом топливной базы) нарастающим итогом.

1 — на строительстве ГЭС; 2 — на эксплуатации ГЭС; 3 — суммарно на строительстве и эксплуатации ГЭС; 4 — на строительстве заменяемых тепловых электростанций; 5 — на эксплуатации заменяемых тепловых электростанций; 6 — суммарно на строительстве и эксплуатации заменяемых тепловых электростанций.

дарьинский, Вахшский, Куринский каскады гидроэлектростанций).

Существен также вклад гидроэнергетического строительства в развитие транспорта на внутренних водоемах. В современных условиях на Волге вместо ступенчатых глубин 1,6—2,0—2,5 м и отсутствия регулярного судоходства выше Рыбинска установлена глубина 3,65 м на всем транзитном пути от Калинина до Астрахани. На Днепре создан каскад гидроэлектростанций и вместе с тем глубоководный путь с транзитными глубинами 3,2 м.

Улучшение путевых условий создало предпосылки для коренного технического перевооружения речного флота и портового хозяйства, а также привело к значительному сокращению объема землечерпательных работ.

Водохранилища ряда гидроэлектростанций рассчитаны на регулирование паводочных расходов для защиты нижележащей части речной долины от наводнений (Мингечаурский, Зейский и другие гидроузлы).

Важным обстоятельством является и то, что создаваемые при сооружении ГЭС производственные базы, жилой фонд, до-

Таблица 4-26

Распределение затрат между участниками водохозяйственного комплекса для ряда гидроузлов на р. Колумбия в США (млн. долл.)

Гидроузел	Участники комплекса	Суммарные капиталовложения	В том числе			Капиталовложения, отнесенные на энергетику
			общие сооружения	специализированные энергетические сооружения	всего	
Боннервилль	Энергетика, водный транспорт, туризм	91,0	43,8	40,4	84,2	62,4
Гранд-Кули	Энергетика, ирригация, борьба с наводнениями	574,1	162,8	111,1	273,9	173,3
Мак-Нэри	Энергетика, водный транспорт	305,4	138,8	144,7	283,5	258,1
Даллес	Энергетика, ирригация	265,2	108,9	141,6	250,5	222,7

роги, мосты и т. д. после завершения строительства широко используются для нужд народного хозяйства прилегающих районов.

Несмотря на это финансирование строительства комплексных гидроузлов по-прежнему осуществляется, за малым исключением, из средств, выделенных на энергетику.

Финансирование комплексного гидроэнергостроительства по линии энергетики мотивируется обычно ведомственной принадлежностью строительного титула и тем обстоятельством, что энергетика в большинстве случаев получает преимущественный и наиболее быстрый эффект от водохозяйственного комплекса.

Отнесение всех затрат на энергетику искусственно увеличивает стоимость фондов и энергии и до сих пор искажает рентабельность в процессе эксплуатации таких гидроузлов, как Цимлянский, Мингечаурский, Каховский, Кайраккумский и многие другие [Л. 43].

По гидроузлам Волги и Камы комплексное значение признавалось при утверждении проектов к строительству, но не нашло отражения в распределении затрат. Так, например, для Куйбышевского гидроузла было доказано, что около 29% затрат должно быть отнесено на создание крупных городов, на строительные предприятия и карьеры, на железнодорожные переходы Сызрань — Кинель, автодорожный переход и другие неэнергетические мероприятия. Далее было доказано, что гидроузел дает значительный водотранспортный эффект для транспортной реконструкции Волги и Камы. Это оправдывало отнесение на транспорт свыше 14% затрат. Наконец, в проекте было показано большое значение водохранилища для будущего развития орошения.

Тем не менее все финансирование гидроузла осуществлялось за счет энергетики. При значительном удельном весе Куйбышевского гидроузла в общем капитальном строительстве того периода это создавало преувеличенное представление о доле гидроэнергетики в финансировании энергостроительства, представление, которое до настоящего времени бытует в отчетных данных и при анализе прошлого капитального строительства.

В то же время практика комплексного гидротехнического строительства в США [Л. 44] показывает, что в США всегда имеет место распределение капиталовложений между участниками водохозяйственного комплекса (табл. 4-26).

В СССР до сих пор отсутствует утвержденная инструкция по распределению затрат между участниками водохозяйственного комплекса, хотя по этому вопросу имеется большое количество научных исследований. Отсутствие такой методики в настоящее время стало тормозом в развитии комплексного водохозяйственного строительства.

Методическая основа оценки экономической эффективности гидроэнергостроительства

Критерий эффективности капиталовложений и учет фактора времени в экономических расчетах. В практике проектирования в настоящее время применяется метод относительной (сравнительной) эффективности.

Метод относительной эффективности заключается в сопоставлении единовременных капиталовложений и ежегодных издержек по сравниваемым вариантам технических решений. Использование метода относительной эффективности позволяет найти решение, при котором необходимая продукция получается при наименьших затратах по народному хозяйству. Метод сравнительной эффективности разработан С. А. Кукель-Краевским еще в довоенный период [Л. 17, 18].

Гидроэнергетика отличается, как правило, не только большими масштабами абсолютных и относительных затрат, высоким техническим совершенством производства, преобладанием основных долговременных фондов, длительными сроками строительства, но и быстрым освоением мощности и вырабатываемой электроэнергии, а также многообразным народнохозяйственным эффектом.

Наиболее общим является случай, когда вариант гидроэнергостроительства характеризуется большими капиталовложениями, но меньшими ежегодными издержками, чем альтернативный вариант.

Эти варианты обычно отличаются не только размерами необходимых затрат, но и сроками сооружения и освоения проект-

ной мощности, что при проведении технико-экономических расчетов подлежит обязательному учету.

Благодаря экономической неравноценности затрат разных лет, они приводятся по определенным правилам [Л. 13, 26] к какому-либо одному базисному году. В качестве базисного года может приниматься любой год. Опыт расчетов показал, что наиболее удобно в качестве базисного принять год ввода в эксплуатацию объектов или год выхода всех объектов на полную проектную мощность.

Оптимальным является вариант, характеризующийся минимальными приведенными расчетными затратами.

Нормативный коэффициент эффективности дополнительных вложений и норма учета фактора времени. Норма эффективности дополнительных капитальных вложений E_n и норма учета фактора времени P имеют весьма существенное значение в гидроэнергетическом строительстве. При занижении коэффициентов E_n и P будут выбираться дорогие малоэффективные варианты с длительными сроками строительства и будут внедряться излишне капиталоемкие мероприятия. При завышении же этих коэффициентов будет зачастую необоснованно задерживаться использование гидроэнергетических ресурсов.

В табл. 4-27 показано, как изменяется оценка эффективности ряда ГЭС при различных значениях нормативных коэффициентов.

Из табл. 4-27 видно, что при отступлении от финансирования строительства, предусмотренного в утвержденных проектах, утрачивается эффективность.

Расчеты показывают, что при нормативных коэффициентах эффективности и приведения разновременных затрат, равных 15%, ни одна из рассмотренных гидроэлектростанций не эффективна. При принятии обоих коэффициентов на уровне 12% оказываются неэффективными также большинство ГЭС, в том числе Братская и Красноярская. При снижении нормативов до 10% ряд гидроузлов, в том числе Братский гидроузел, будут находиться лишь на грани эффективности.

Более благоприятные результаты для гидроэнергетики имеют место при принятии нормы учета фактора времени более низкой, чем нормативного коэффициента эффективности.

Очевидно, что в условиях СССР для объектов гидроэнергетического и гидротехнического строительства, которые имеют длительные сроки службы и незначительный моральный износ и обеспечивают большой комплексный эффект для ирригации, водоснабжения, водного транспорта и других отраслей, нормативная эффективность капитальных вложений должна находиться на уровне не более 10%, а норматив приведения разновременных затрат на уровне 5%.

Возможность отклонения от нормативов, устанавливаемых в целом по народному хозяйству, допускается также и в типовой

Таблица 4-27

Влияние нормативных коэффициентов эффективности и приведения на оценку эффективности ряда гидроузлов

Гидроузел	Нормативный коэффициент эффективности капиталовложений	Норматив приведения разновременных затрат	Приведенные расчетные затраты по гидроузелу, млн. руб.		Приведенные расчетные затраты по альтернативному варианту, млн. руб.	Примечание
			Оптимальное финансирование	Фактическое финансирование ¹		
Братский	0,15	0,15	107,0	107,0	79,0	—
	0,12	0,12	83,6	83,6	74,1	—
	0,1	0,1	70,8	70,8	70,7	—
	0,12	0,06	81,0	81,0	85,4	Эффективно
	0,1	0,05	67,6	67,6	91,1	»
Ингурский	0,15	0,15	88,0	98,3	67,0	—
	0,12	0,12	67,1	73,3	58,6	—
	0,1	0,1	55,2	59,3	53,7	—
	0,12	0,06	63,3	64,5	58,0	—
	0,1	0,05	51,8	53,2	55,0	Эффективно
Красноярский	0,15	0,15	118,7	131,9	108,2	—
	0,12	0,12	89,7	97,5	97,1	—
	0,1	0,1	71,7	77,3	91,0	Эффективно
	0,12	0,06	80,2	82,7	107,0	»
	0,1	0,05	66,9	69,1	97,7	»
Кременчугский	0,15	0,15	41,8	41,8	34,7	—
	0,12	0,12	31,4	31,4	29,8	—
	0,1	0,1	26,0	26,0	26,5	Эффективно
	0,12	0,06	28,9	28,9	26,6	—
	0,1	0,05	23,9	23,9	24,5	Эффективно
Саратовский	0,15	0,15	93,1	98,6	72,0	—
	0,12	0,12	71,9	73,9	63,5	—
	0,1	0,1	58,9	59,7	58,6	—
	0,12	0,06	66,2	65,5	61,4	—
	0,1	0,05	56,3	55,7	61,9	Эффективно
Саяно-Шушенский	0,15	0,15	121,8	135,7	109,0	—
	0,12	0,12	92,1	99,4	99,3	—
	0,1	0,1	74,2	78,8	93,9	Эффективно
	0,12	0,06	81,9	84,5	113,0	»
	0,1	0,05	69,1	70,8	105,5	»
Чиркейский	0,15	0,15	45,5	48,1	41,2	—
	0,12	0,12	34,8	36,2	36,3	Эффективно
	0,12	0,06	31,9	32,5	36,2	»
	0,1	0,05	26,9	27,3	33,3	»
	0,1	0,10	28,3	29,3	33,1	»

¹ По Братскому и Кременчугскому гидроузлам фактическое финансирование соответствовало оптимальному.

методике определения экономической эффективности капитальных вложений [Л. 34].

Принятие норматива приведения разновременных затрат вдвое меньшим норматива эффективности капиталовложений обосновывается рядом соображений.

Во-первых, капиталовложения в любую отрасль народного хозяйства не могут с первого года их выделения приносить нормативный эффект, ибо в какую бы отрасль ни направить капиталовложения, всегда будет иметь место некоторый период строительства и освоения проектной мощности объекта.

Во-вторых, неправомерно считать, что весь прибавочный продукт направляется только на развитие производства. По действующим принципам хозяйствования все предприятия оставляют у себя часть прибавочного продукта для образования трех непроизводственных фондов: поощрения, культурно-бытового и жилищного. Чем больше прибавочный продукт, создаваемый обществом, тем абсолютно выше непроизводственные расходы. Нельзя рассматривать непроизводственные расходы общества как заданные и не зависящие от темпов накопления.

На производственные капиталовложения направляется только 35—45% ежегодно создаваемого прибавочного продукта. Прибавочный продукт создается, как известно, только в производственной сфере. Таким образом, нельзя рассматривать экономию капиталовложений в один год в каком-то варианте, по сравнению с другим вариантом, как лавинообразный процесс возрастания прибавочного продукта [Л. 3, 11, 13, 37, 39].

Отметим также, что предлагаемое отдельными специалистами [Л. 4] принятие за величину нормативного коэффициента эффективности среднего отношения создаваемого ежегодно в народном хозяйстве прибавочного продукта (понимаемого как сумма прибыли и налога с оборота) к стоимостной оценке действующих производственных фондов является неправильным. Нормативная величина коэффициента эффективности должна быть несомненно ниже среднестатистической эффективности [Л. 11, 26]. Объясняется это тем, что сэкономленные в каком-либо варианте капиталовложения, если уже составлен оптимальный народно-хозяйственный план на какой-то период, могут быть направлены на строительство новых объектов, имеющих эффективность меньшую, чем средняя эффективность планируемых объектов. Если сэкономленные капиталовложения могут обеспечить более высокую или такую же эффективность, что и планируемые объекты, то это значит, что неправильно был составлен первоначальный план. Поэтому неправомерно предъявлять к сэкономленным капиталовложениям требование средней эффективности.

Изучение зарубежного опыта технико-экономических обоснований показывает, что фактическая величина процента на капитал колеблется от 2,5 до 8%; это соответствует реальному колебанию процентной ставки в различных странах, в различные

Таблица 4-28

Сопоставление некоторых технико-экономических характеристик крупных гидроузлов СССР и США

Страна	Гидроузел	Расчетный напор, м	Установленная мощность, Мвт	Число часов использования	Отношение удельных капитальных вложений на 1 кВт установленной мощности ГЭС и заменяемой ТЭС	Отношение себестоимости электроэнергии ГЭС и ТЭС	Срок строительства ГЭС, годы (до ввода первого агрегата)
СССР	Братский	100	4 100	5 500	1,1	5	7
	Красноярский	93	5 000	4 000	1,1	6	6/11*
	Саяно-Шушенский	199	5 300	4 400	1,1	8	7/12**
США	Болдер-Дэм	158	1 345	4 500	1,2	4	6
	Гранд-Кули	104	1 974	6 000	1,1	9	8
	Чиф-Джозеф	54	1 028	4 500	1,2	9	6
	Даллес	27	1 125	4 500	1,5	6	6

* В знаменателе — фактический срок строительства.

** В знаменателе — предположительный срок строительства.

периоды для различных форм собственности и способов помещения капитала.

Представляет интерес сопоставление технико-экономических характеристик советских и американских ГЭС.

В табл. 4-28 приводится такое сопоставление по крупным объектам гидроэнергостроительства обеих стран.

Таблица отчетливо демонстрирует, что ГЭС СССР не уступают по своей экономичности лучшим ГЭС США.

Принятая Госпланом СССР, Госстроем СССР и Академией наук СССР «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений» [Л. 34] устанавливает для народного хозяйства в целом нормативный коэффициент эффективности в размере 12%, а норму учета фактора времени в размере 8%.

При необходимости, как указывается в методике, по соображениям стимулирования технического прогресса, учета неодинаковых уровней заработной платы, различий уровня цен, долговременности строительных программ и районов размещения, в отраслевых инструкциях допускаются отклонения от установленного нормативного коэффициента эффективности.

Энерго-экономическая сопоставимость вариантов. Выбор типа заменяемой электростанции. Для правильного определения народнохозяйственной эффективности гидроузлов и выбора их основных параметров требуется соблюсти условия экономической и энергетической сопоставимости с заменяемыми вариантами.

Эффект ГЭС и заменяемой тепловой электростанции сопоставляются при одинаковом полезном отпуске энергии потребителям и при одинаковой надежности энергоснабжения с учетом их изменения во времени, поэтому определение экономического эффекта гидроузлов производится с учетом динамики за длительный ряд лет. Мощность заменяемой тепловой электростанции определяется из баланса мощностей рассматриваемой энергосистемы при наличии и отсутствии проектируемой ГЭС. Выработка электроэнергии для проектируемой ГЭС принимается как среднесноголетняя оценка, но при сравнении с заменяемой электростанцией учитывается только выработка, используемая в энергосистеме. Учитывается влияние проектируемой гидроэлектростанции на другие гидроэлектростанции, которые подвергаются водохозяйственному воздействию или работают совместно с ней. Учитывается, что для гидроэлектростанции располагаемая мощность в некоторые периоды может быть ограничена недостатком воды, недостаточностью напоров либо условиями, налагаемыми другими водопользователями (ирригация, судоходство и пр.).

При сравнении ГЭС и ТЭС учитывается разница в потерях мощности и энергии в ЛЭП, разница в потребном ремонтном резерве и в электропотреблении на собственные нужды. ГЭС не требуют резервной мощности для проведения текущих ремонтов, так как последний может проводиться во время остановок агрегатов, обусловленных режимом их работы. Агрегаты ГЭС имеют значительно меньшую аварийность (0,5%). Аварийность крупных современных блочных ТЭС составляет 4% и выше, в зависимости от года пуска и числа лет эксплуатации.

Все перечисленные факторы приводят обычно к тому, что мощность и выработка энергии заменяемой ТЭС должна быть больше на 6—15% по мощности и 2—10% по выработке.

Исследуя вопросы сопоставимости гидравлических и тепловых электростанций, отметим, что затраты и эффект при строительстве того или иного энергетического объекта не ограничиваются самим объектом, но оказывают влияние на другие предприятия отрасли. Относится это прежде всего к варианту заменяемой тепловой электростанции. Обеспечение ее топливом в период эксплуатации требует создания или расширения специальных основных и оборотных фондов для предприятий по добыче и транспорту топлива. Эти фонды постоянно используются лишь для топливоснабжения ТЭС на весь срок ее службы и должны быть учтены как сопряженные затраты.

Важным методическим вопросом является также вопрос о выборе типа заменяемой тепловой электростанции. В качестве заменяемых электростанций обычно должны рассматриваться либо мощные тепловые конденсационные электростанции, либо специальные пиковые электростанции. Выбор типа заменяемой электростанции необходимо производить на основе анализа ра-

боты энергосистемы в условиях отсутствия проектируемой ГЭС и развития энергосистемы за счет электростанций других типов.

Расчет эффективности ГЭС и выбор ее параметров (особенно установленной мощности) должен проверяться также и в сопоставлении с другими возможными ГЭС и ГАЭС, которые можно построить в рассматриваемой энергосистеме.

Капитальные вложения и ежегодные издержки на проектируемых гидроузлах и на заменяемых тепловых электростанциях. При расчетах эффективности гидроузла условно исключаются из полной сметной стоимости (суммы финансирования) сравниваемых вариантов возвратные суммы, а также стоимость постоянных поселков строителей, если они по окончании строительства могут быть переданы для использования в народном хозяйстве, и ряд прочих объектов постоянного характера, которые могут быть использованы в дальнейшем как самостоятельные сооружения для народного хозяйства (железные и шоссейные дороги, автобазы, линии электропередачи, объекты стройиндустрии и проч.). При этом необходимо учесть разрыв во времени между началом строительства этих сооружений и последующего их полноценного использования в народном хозяйстве после того, как минует необходимость в них строящихся электростанций. Связанное с этим разрывом «омертвление» капиталовложений должно быть отнесено на гидростроительство.

На стоимость комплексного гидроузла относятся также затраты, связанные с созданием и подготовкой водохранилища в целях использования его различными отраслями народного хозяйства. При этом учитывается и экономический эффект, получаемый от такого использования водохранилища.

Вместе с тем в расчетную стоимость гидроузла должны включаться затраты, хотя и не включенные в смету, но вызываемые фактором его сооружения.

Капиталовложения по заменяемым ТЭС определяются по соответствующим сметно-финансовым расчетам, а при их отсутствии по обобщенным нормативам, однако и при применении нормативов анализируются районные условия сооружения заменяемой ТЭС. При пользовании нормативами учитывается, что часть затрат для ТЭС, так же как и для ГЭС, не относится на энергетику (строительная база, постоянный поселок строителей и т. д.).

Длительность строительства и распределение капиталовложений для заменяемых ТЭС принимаются либо по действующим нормативам, либо по аналогии с существующими проектами. Затраты для альтернативных ТЭС определяются как доленое участие в строительстве мощных современных ТЭС, характерных для данного периода времени и данной энергосистемы.

Существенное значение для полноты и правильности оценки сопряженных затрат по сопоставляемым вариантам имеет учет затрат в жилищное и культурно-бытовое строительство.

Годовые издержки на ГЭС складываются из следующих основных элементов: отчислений на амортизацию и эксплуатационных издержек, в которые включаются зарплата эксплуатационного персонала, расходы по текущему ремонту, общестанционные и прочие расходы.

Годовые издержки на заменяемых ТЭС состоят из постоянных издержек и издержек на топливо. Постоянные издержки складываются из отчислений на амортизацию (реновацию и капитальный ремонт), расходов на текущий ремонт, материалы и запасные части, заработной платы эксплуатационного персонала с начислениями, общестанционных и прочих расходов. Издержки на топливо, расходуемое тепловой электростанцией, состоят из издержек топлива на месте добычи и транспортных расходов по доставке топлива до электростанции.

Учитывается именно себестоимость добычи и транспорта топлива, а не стоимость по действующим ценам и тарифам. При этом учитываются капиталовложения в топливодобычу и транспорт топлива.

Методика определения топливного эффекта гидроэлектростанций. Определение видов и технико-экономических показателей топлива, вытесняемого с помощью гидроэнергии. Подсчет экономии топлива по удельному расходу правомерен лишь для общей оценки влияния гидроэнергии на топливный баланс, между тем определение экономии топлива, достигаемой при включении проектируемой ГЭС в систему, является сложным расчетным процессом. В последние годы проведен ряд исследований и предложены приемы для улучшения и обоснования методов определения топливного эффекта ГЭС [Л. 7, 9, 15, 30 и др.].

Разработана методика [Л. 1], пригодная для проектной практики, полно и всесторонне учитывающая факторы, влияющие на топливный эффект гидроэлектростанции. Методика основана на использовании характеристик относительных приростов расхода топлива на тепловых электростанциях. Сущность ее заключается в следующем.

Топливный эффект гидроэлектростанции (экономия топлива в энергосистеме при вводе гидроэлектростанции вместо заменяемой тепловой электростанции) должен определяться не по одному отдельно взятому году, а за длительный период эксплуатации для средних по выработке энергии условий.

Расчетам величины топливного эффекта гидроэлектростанции для сравниваемых значений ее параметров должны предшествовать выбор типа заменяемой тепловой электростанции (пиковой или базисной) и выявление ее топливно-энергетических характеристик. При сопоставлении с базисной тепловой электростанцией, когда существенно затрагиваются режимы работы других электростанций системы, расчеты проводятся по характеристикам относительных приростов; при сопоставлении с тепловой электростанцией, имеющей режим работы достаточно близ-

кий к режиму работы проектируемой гидроэлектростанции, расчеты проводятся по характеристике удельных расходов заменяемой пиковой ТЭС. Такое ограничение области применения характеристик относительных приростов сделано условно для упрощения расчетов.

Характеристики относительных приростов целесообразно применять во всех случаях, когда есть значительная разница в режимах работы проектируемой гидроэлектростанции и заменяемой тепловой электростанции и когда расчеты по удельным расходам не в состоянии обеспечить достаточную точность.

Экономия топлива, обеспечиваемая работой гидроэлектростанции, в общем случае определяется как разность полных расходов топлива в системе в вариантах ее развития с заменяемой тепловой электростанцией или с проектируемой гидроэлектростанцией. Переход от суточной экономии топлива к сезонной, а затем и к годовой определяется с учетом характеристик неравномерности электропотребления и работы гидроэлектростанции. Топливный эффект в первые годы эксплуатации, в период освоения проектной мощности гидроэлектростанции, должен определяться также в средних по выработке энергии условиях.

Расчет экономии топлива для нескольких характерных лет дает характеристику изменяющегося во времени топливного эффекта гидроэлектростанции как при временной, так и при нормальной ее эксплуатации. Используя эту характеристику, можно проводить технико-экономические расчеты по определению топливной эффективности гидроузлов.

Сооружение проектируемой ГЭС оказывает влияние на топливно-энергетический баланс значительной части электростанций, использующих различные виды топлива. Однако в конечном счете энергия ГЭС, как правило, сокращает расход того вида топлива, который замыкает общий топливный баланс района действия энергосистемы. Поэтому в расчетах эффективности ГЭС используются показатели замыкающих видов топлива. Эти виды топлива, как заменяемые гидроэнергией, должны определяться в результате сопоставления и анализа топливного баланса и порайонных технико-экономических показателей топлива. Предварительные данные о топливно-энергетическом балансе показывают нарастающую напряженность покрытия топливного баланса в европейских районах страны на ближайшую перспективу. Возможная в этот период передача энергии и транспорт угля и газа в эти районы из азиатской части СССР ограничены целым рядом факторов и обстоятельств, поэтому при изменении потребности в топливе должна соответственно изменяться добыча угля в донецком, печорском или кузнецком бассейнах, имеющих возможности для развития угледобычи. В ближайшие годы в западных, центральных и южных районах европейской части СССР соответственно сказанному в качестве заменяемого топлива должен рассматриваться донецкий уголь, в восточных

районах — кузнецкий и экибастузский угли, а в районах европейского севера — печорский уголь. В районах действия Центрально-Сибирской энергосистемы по аналогичным соображениям в качестве заменяемого топлива должны приниматься канско-ачинские угли. По прочим районам страны замыкающее топливо должно выбираться в результате соответствующего анализа.

В ряде случаев возможно применение на заменяемых конденционных ТЭС в качестве топлива газа или мазута. Необходимо, однако, иметь в виду, что при высоком качестве и хорошей транспортабельности этих видов топлива, а также высокой их ценности в качестве сырья может быть целесообразным первоочередное использование этих видов топлива не для крупной энергетики, а в качестве сырья для химической промышленности и топлива для технических нужд предприятий, для газификации городов и поселков и как энергетическое топливо для средних и мелких котельных, на которых такое использование дает более высокий экономический эффект, чем при сжигании под котлами электростанций.

Тем не менее в отдельных избыточных по топливу районах (Северный Кавказ, Средняя Азия и др.) могут рассматриваться в качестве заменяемых для ГЭС тепловые электростанции на газе, но при этом следует учитывать, что при исключении ГЭС придется заменить соответствующие газопроводы и передачу мощности и энергии в районы Центра сооружением ТЭС и транспортом угля из Донбасса в Центр, а также расширением шахтного строительства в Донбассе. В расчет эффективности поэтому вводится соответствующая разница затрат.

При использовании газа в качестве топлива для заменяемых тепловых электростанций необходимо иметь в виду, что экономически наиболее эффективно использовать газ, особенно передаваемый на значительные расстояния, по равномерным суточному и годовому графикам. В варианте пиковых ТЭС, работающих на газе, необходимо учитывать соответствующие дополнительные затраты, связанные с транспортом и аккумулярованием этого вида топлива.

Технико-экономические показатели по добыче топлива, рекомендованные СОПС в 1964 и 1968 гг. [Л. 19, 29], базируются на проектах строительства новых и реконструкции действующих шахт, которые учитывают не все капиталовложения, производящиеся за период службы шахт, а главным образом лишь первоначальные капиталовложения, необходимые для их ввода в действие. Капиталовложения на поддержание добычи, производимые для обеспечения эксплуатации шахт в течение всего срока их службы, в нормативах [Л. 19, 29] практически не учитываются. Кроме того, не учитывается фактическое удорожание стоимости строительства по сравнению с проектными данными. Также не учитывается то, что производительность большинства шахт и

карьеров вообще не достигает проектной, а в среднем за период срока существования на 15—20% ниже проектной. Следует также добавить, что в указанных работах недоучитывается усложнение горногеологических условий в перспективе. Так, например, в Донбассе в настоящее время основная добыча осуществляется на шахтах с действующим горизонтом 500 м и только небольшое количество шахт имеет глубину действующего горизонта 800 м и более. Дальнейшее развитие добычи угля в Донбассе связано со строительством более глубоких шахт.

Предварительные данные показывают, что в перспективе рекомендуемые в [Л. 19, 29] показатели должны быть существенно увеличены.

Технико-экономические расчеты по определению народно-хозяйственной эффективности комплексных гидроузлов заключаются, так же как и для гидроэлектростанций чисто энергетического значения, в сопоставлении капиталовложений и ежегодных издержек, потребных для осуществления водохозяйственного комплекса по сравнению с теми затратами, которые потребовались бы для осуществления альтернативных (заменяемых) мероприятий.

Сооружение комплексного гидроузла признается эффективным, если расчетные затраты по нему меньше, чем расчетные затраты по альтернативному варианту. Состав водохозяйственного комплекса подлежит экономическому обоснованию. В ряде случаев включение того или иного компонента может привести к снижению экономической эффективности комплексного мероприятия.

Участие каждой отдельной отрасли можно считать обоснованным, если сумма приведенных расчетных затрат в комплексный объект без данной отрасли и затрат по заменяемому варианту данной отрасли больше или по крайней мере равна затратам по комплексу с включением рассматриваемой отрасли.

Одной из важнейших задач экономического анализа эффективности комплексных мероприятий является распределение затрат между составными частями комплекса. Принцип распределения затрат пропорционально экономическому эффекту был впервые изложен в «Методике определения экономической эффективности гидроэлектростанций» [Л. 20]. В последние годы предложены различные расчетные способы и формулы для распределения комплексных затрат [Л. 2, 12, 38 и др.]. Эти предложения учитывают различия в сроках освоения эффекта для отдельных участников водохозяйственного комплекса, возможность различных соотношений при распределении капиталовложений и ежегодных издержек и различной рентабельности отраслей, участвующих в комплексе.

В целом в настоящее время имеется достаточно исследований для составления и утверждения инструкции по распределению затрат между участниками водохозяйственного комплекса.

Таблица 4-29

Долевое распределение капиталовложений по крупным комплексным объектам [%]

Гидроузел	Капиталовложения в гидроузел	Распределение капиталовложений по отраслям			
		Энергетика	Водный транспорт	Ирригация	Прочие
Токтогульский	100	48	—	46	6
Чарвакский	100	52	—	47	1
Нурекский	100	75	—	18	7
Капчагайский	100	70	—	26	4
Зейский	100	70	—	—	30
Шамхорский	100	74	—	20	6
Чебоксарский	100	80	16	—	4

В табл. 4-29 приводятся данные для характеристики долевого распределения капиталовложений по крупным комплексным объектам. Методология распределения затрат принята при этом согласно «Основным положениям по экономическим расчетам гидроэлектростанций» [Л. 26].

Примеры оценки энерго-экономической эффективности двух крупных построенных гидроэлектростанций

Ниже мы приводим подробный анализ экономической эффективности двух крупных гидроэлектростанций: Братской ГЭС имени 50-летия Великого Октября и Волжской ГЭС имени В. И. Ленина.

Братская ГЭС проектной мощностью 4,5 млн. кВт со среднесуточной выработкой электроэнергии 22,6 млрд. кВт·ч положила начало формированию энергообъединения Центральной Сибири и дала толчок к развитию производительных сил этого обширного района [Л. 35]. Наряду с этим Братский гидроузел имеет важное значение в комплексном использовании водных ресурсов в части водного транспорта, лесного, рыбного хозяйства и других отраслей.

Сооружение Братской ГЭС имеет большое районообразующее значение и обуславливает развитие ряда крупных промышленных узлов.

Район влияния Братской ГЭС характеризуется преобладающим развитием крупной промышленности, особенно электроемких производств, что определяет значительную плотность годовых и суточных графиков электрической нагрузки. Число часов использования максимума нагрузки энергообъединения Цент-

ральной Сибири в 1965 г. составило 7 100 ч. В ближайшее время использование максимума несколько снизится, но все же останется весьма высоким. Плотность суточного графика энергообъединения Центральной Сибири в период освоения мощности Братской ГЭС определяется в 0,90—0,93. Для местного Братского района использование максимальной нагрузки на расчетном уровне составит 7 500 ч, а плотность суточного графика нагрузки — около 0,95.

Существенная часть мощности и энергии Братской ГЭС выдается в первые годы ее работы в промышленные центры Иркутской и Красноярской энергосистем.

С Иркутско-Черемховским районом Братская ГЭС связана двумя линиями электропередачи 500 кВ протяженностью порядка 600 км. С Красноярской энергосистемой и энергосистемами Западной Сибири Братская ГЭС соединена двумя ЛЭП 500 кВ протяженностью около 1 000 км. Линии электропередачи Братск — Красноярск являются регулятором связи между Иркутской и Красноярской системами при вводе в них новых крупных электростанций и имеют реверсивный характер работы по этапам; наряду с этим ЛЭП имеют системное значение.

Создание объединенной энергосистемы Центральной Сибири, первым крупным опорным пунктом которой стала Братская ГЭС и ее линии электропередачи, имеет следующее значение: снижается на 200—300 Мвт совмещенный максимум нагрузки в связи с разновременностью прохождения максимумов нагрузки в отдельных энергосистемах, находящихся в различных часовых поясах; суммарная потребность в резерве снижается на 400—500 Мвт; осуществляется компенсированное регулирование на гидростанциях Ангара и Енисея, за счет чего достигается повышение суммарной гарантированной энергоотдачи этих ГЭС.

Братская ГЭС, обеспечив хорошее зарегулирование стока в годовом и в многолетнем разрезе, создала благоприятные условия для сооружения на Ангаре каскада высокоэкономичных ГЭС.

Гарантированная мощность Братской ГЭС была определена равной 2,4 млн. кВт обеспеченностью, близкой к 100% (с учетом компенсированного регулирования каскадов ГЭС Ангара и Енисея). Установленная мощность Братской ГЭС выбрана с учетом ее режима работы в Объединенной энергосистеме Центральной Сибири совместно с существующими, строящимися и проектируемыми гидроэлектростанциями этого района. Было принято, что вместе с этими гидроэлектростанциями Братская ГЭС сможет покрывать всю суточную и месячную неравномерность и часть базы графиков нагрузки Объединенной энергосистемы Центральной Сибири (рис. 4-12).

Помимо участия Братской ГЭС в покрытии графика нагрузки, учтена необходимость размещения на ГЭС части системного резерва. В итоге резервная мощность ГЭС при ее конечной мощ-

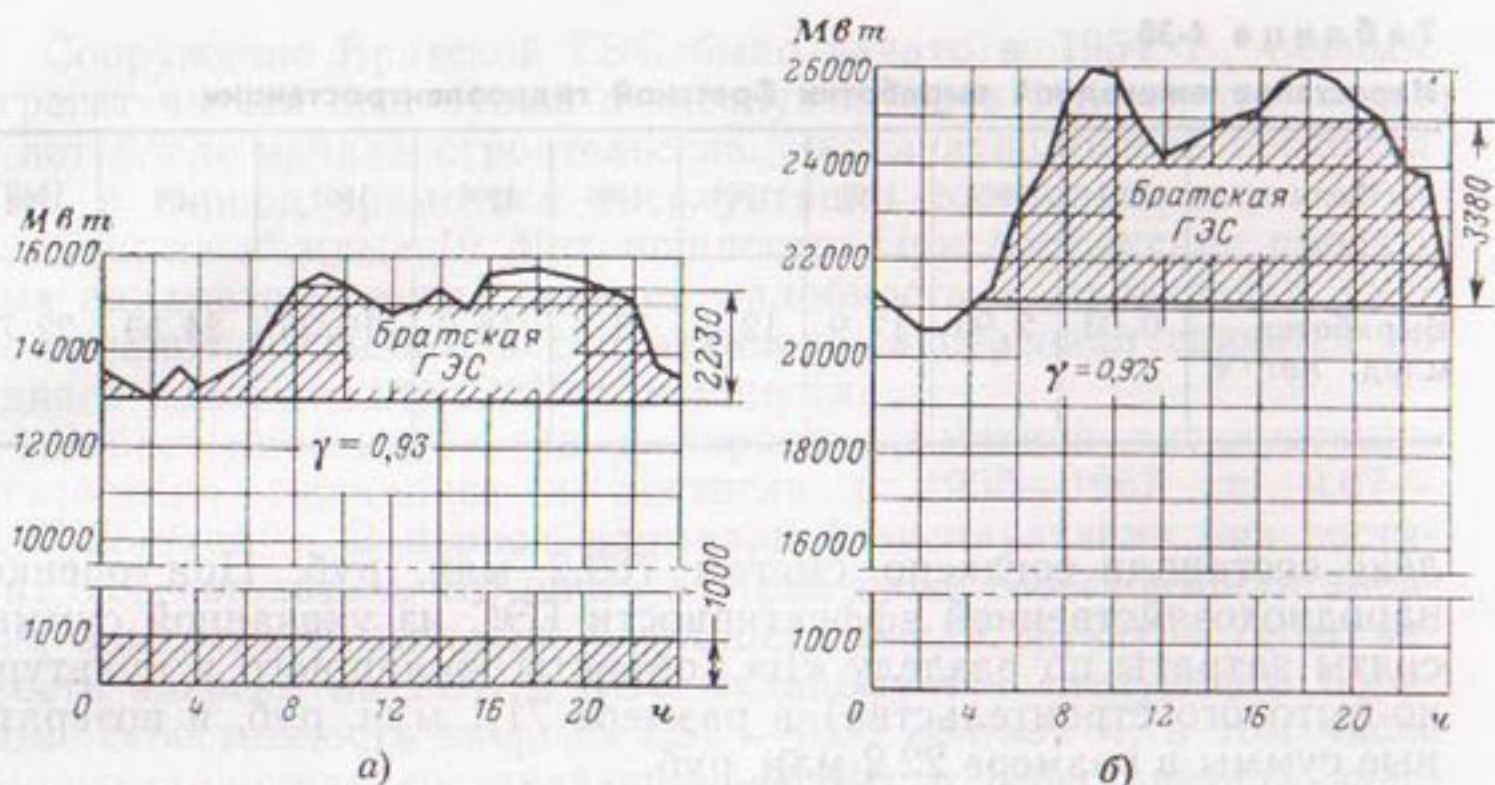


Рис. 4-12. Участие Братской ГЭС в покрытии зимних суточных графиков нагрузок энергосистемы Центральной Сибири (режим гарантированной энергоотдачи).

а — первый этап; б — расчетный уровень.

ности была принята 600 Мвт на уровне 1970 г. и 700 Мвт в последующие годы.

Экономически оправданной оказалась установленная мощность Братской ГЭС 4 500 Мвт в 20 агрегатах.

Среднемноголетняя выработка энергии при принятой мощности составит 22,6 млрд. кВт·ч. Удельные капиталовложения на основной киловатт установленной мощности определены в 132 руб/квт, а себестоимость энергии 0,05 коп/квт·ч.

В настоящее время на ГЭС введено 18 агрегатов; установленная мощность станции составляет 4 100 Мвт¹. Два агрегата второй очереди будут введены ко времени их возможного использования в графиках нагрузки. Минимально необходимый объем строительных работ для двух последних агрегатов произведен.

В период временной эксплуатации при ненаполненном водохранилище режим работы ГЭС в летний период определялся минимально необходимыми навигационными попусками, а в зимний период требованиями энергетики. Выработка энергии и располагаемая мощность ГЭС возрастала из года в год, по мере наполнения водохранилища (табл. 4-30).

При нормальной эксплуатации ГЭС ее энергетический режим даже в маловодных условиях будет весьма плотным (рис. 4-13).

Энерго-экономическая эффективность ГЭС определялась путем сопоставления затрат по гидроузлу, относимых на энергетику, с затратами на заменяемые тепловые электростанции. Суммарные капиталовложения в Братский гидротехнический комп.

¹ Два агрегата перемаркированы с 225 на 250 Мвт.

Таблица 4-30

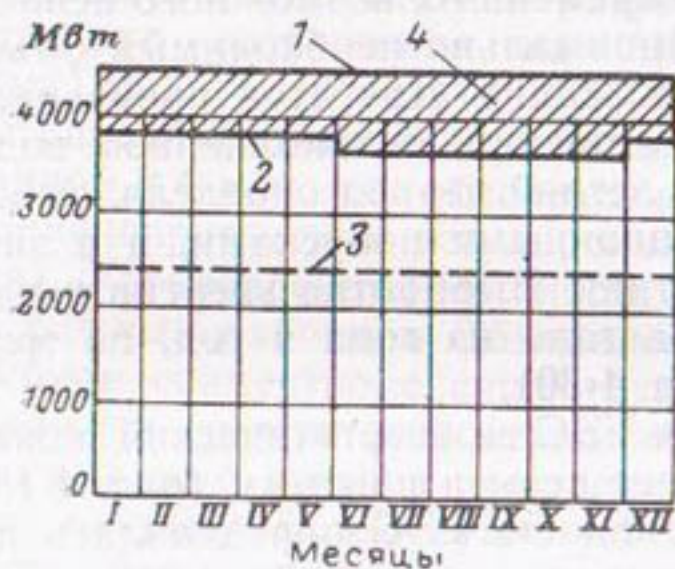
Нарастание ежегодной выработки Братской гидроэлектростанции

Годы	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Выработка, млрд. квт·ч	0,03	2,96	17,9	12,6	13,8	16,0	19,35	24,39	22,71

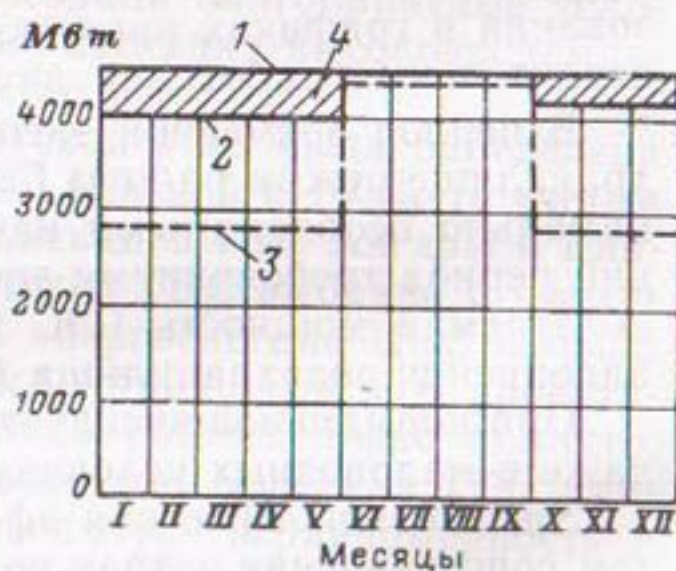
лекс составили согласно сметам 789,2 млн. руб. При оценке народнохозяйственной эффективности ГЭС из указанной суммы сняты затраты по разделу «Б» (объекты жилищного и культурно-бытового строительства) в размере 71,1 млн. руб. и возвратные суммы в размере 22,2 млн. руб.

Пионерный характер района сооружения гидроузла потребовал создания мощной промышленной базы, авто- и железных дорог и вызвал к жизни целый ряд других сопутствующих производств, расходы по которым относились не на самостоятельные сметы, а финансировались за счет сметы гидроэлектростанции. Так как объекты строительной индустрии (бетонные заводы, заводы железобетонных изделий, ремонтно-механические мастерские и др.), коммунального хозяйства, постоянные дороги после окончания строительства гидроузла будут переданы для использования в другие отрасли народного хозяйства, то их стоимость в размере 126 млн. руб. снята с капиталовложений, относимых на энергетику.

Таким образом, капиталовложения, относимые на энергетику Братского гидроузла, составляют 592,1 млн. руб., т. е. 75% сметной стоимости.



а)



б)

Рис. 4-13. Годовые режимы работы Братской ГЭС.

а — маловодный год; б — многоводный год. 1 — установленная мощность; 2 — рабочая мощность; 3 — среднемесячная мощность; 4 — резерв и ремонт.

Сооружение Братской ГЭС было начато в 1954 г., первый агрегат на ней был пущен в эксплуатацию в 1961 г., т. е. через 6 лет после начала строительства. Эксплуатационный персонал ГЭС в период временной эксплуатации составлял менее двух человек на каждые 10 Мвт мощности. При достижении проектных параметров, когда отпадет надобность в проведении пуско-наладочных работ, эксплуатационный персонал снизится до одного человека на 10 Мвт мощности.

Себестоимость энергии в период временной эксплуатации постепенно снижалась и достигла в 1966—1967 гг. 0,07—0,08 коп/квт·ч. В период нормальной эксплуатации она составит 0,05 коп/квт·ч, что почти в 7 раз ниже себестоимости энергии заменяемой тепловой электростанции. Структура себестоимости энергии на ГЭС и ТЭС складывается следующим образом: себестоимость энергии ГЭС — 0,05 коп/квт·ч, в том числе амортизационная составляющая — 0,046, и себестоимость энергии на ТЭС — 0,34 коп/квт·ч, в том числе амортизационная составляющая — 0,123 коп/квт·ч и топливная — 0,107 коп/квт·ч.

Гидроэлектростанция расходует меньше электроэнергии на собственные нужды и имеет меньшую потребность в аварийном и ремонтном резерве. Вследствие этого заменяемые тепловые электростанции должны иметь установленную мощность на 13% и выработку электроэнергии на 6% большую, чем ГЭС. Таким образом, Братская ГЭС вытесняет в системе 5 090 тыс. квт мощности и 24 млрд. квт·ч энергии ТЭС. Гидроэлектростанция имеет более высокие по сравнению с заменяемыми ТЭС затраты и потери мощности и энергии в линиях электропередачи.

В расчетах принято, что затраты на линии электропередачи в варианте ТЭС составили бы 50% затрат на линии, сооруженные для выдачи мощности Братской ГЭС. При этом учтено, что в обоих сравниваемых вариантах сооружение межсистемной ЛЭП связи между Красноярской и Иркутской энергосистемами оправдано благодаря экономии 600—800 Мвт установленной мощности за счет меньшей потребности в аварийном резерве и совмещения максимумов нагрузки энергосистем.

В период строительства и освоения энергоотдачи I очереди Братской ГЭС (3,6 млн. квт) в ОЭС Центральной Сибири вводились конденсационные электростанции мощностью 600—1 200 Мвт, с агрегатами по 100, 150 и 200 Мвт. Удельные капиталовложения по этим ТЭС составляют от 83,5 до 121 руб/квт, в среднем 95 руб/квт. Сроки строительства ТЭС (или их первых очередей) до ввода первых агрегатов 6—8 лет.

Пиковая мощность Братской ГЭС в размере 900—1 000 Мвт будет осваиваться после 1970 г. В качестве заменяемой для нее рассмотрена ГРЭС мощностью 4 млн. квт с агрегатами 500 Мвт. Именно в этот период намечен ввод первых ГРЭС та-

кого типа, капиталовложения в дополнительный киловатт на этих ГРЭС составляет 97 руб.

В качестве топлива для тепловых электростанций приняты поровну угли Азейского и Канско-Ачинского месторождений, которые пришлось бы использовать для покрытия растущих потребностей энергообъединения при отсутствии энергии Братской ГЭС.

По азейским углям капитальные и ежегодные затраты составляют в настоящее время соответственно 6,5 и 2,0 руб. на тонну, а по канско-ачинским углям 4,0 и 1,0 руб. на тонну. Суммарная экономия топлива, обеспечиваемая вводом первой очереди Братской ГЭС, составит 10,6 млн. т условного топлива. Ввод второй очереди Братской ГЭС в связи с незначительным числом часов ее использования приводит к некоторому пережогу топлива, что снижает суммарный топливный эффект Братской ГЭС до 10 млн. т условного топлива. В расчете энергоэкономической эффективности Братской ГЭС учтено омертвление капиталовложений в Братский гидроузел, связанное главным образом с постепенностью первоначального наполнения водохранилища и освоением пиковой мощности гидроэлектростанции.

Расчет сводится к следующим итоговым данным:

Капиталовложения в Братский гидроузел, относимые на энергетику, млн. руб.	592,1
Дополнительные капиталовложения в линии электропередачи в варианте сооружения Братской ГЭС, млн. руб.	37,5
Суммарные капиталовложения в Братский гидроузел с учетом омертвления затрат за период освоения, млн. руб.	725,3
Ежегодные издержки по Братскому гидроузелу и линиям электропередачи, млн. руб.	12,7
То же, с учетом омертвления, млн. руб.	13,3
Капиталовложения в заменяемые ТЭС и топливную базу, млн. руб.	577,6
Ежегодные издержки по заменяемым ТЭС и топливной базе, млн. руб.	80,6
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений в гидроузел, годы	2,3

За счет чистого дохода от реализации выработанной электроэнергии по среднему тарифу для Иркутскэнерго 0,59 коп/квт·ч Братская ГЭС в 1970—1971 гг. возвратит в государственный бюджет капиталовложения, относимые на энергетику, а еще через год-два будут возвращены полные капиталовложения в Братский гидроузел. В процессе нормальной эксплуатации гидроэлектростанция будет давать ежегодно 130—140 млн. руб. чистого дохода при существующем тарифе на электроэнергию.

Братский гидроузел является крупнейшим сооружением, эффективность которого не исчерпывается энергетическим значением.

Братская ГЭС создала глубоководный транспортный путь, на котором может эксплуатироваться современный крупнотоннажный озерный флот. До сооружения Братского гидроузла на Ангаре эксплуатировались суда малой грузоподъемности, так как большое количество перекатов и островов значительно осложняли судоходство. Однако полностью проблема судоходства будет разрешена позднее, с постройкой нижележащих ГЭС каскада и сооружением судопропускных устройств при них.

Рыбное хозяйство в зоне водохранилища создается почти заново, так как промышленное рыбоводство до строительства ГЭС на Ангаре почти отсутствовало. Площадь водоемов зоны увеличивается в 10 раз, а улов рыбы в 15 раз и достигнет 50 тыс. ц рыбы в год; значительно улучшится состав рыб. В настоящее время проводятся работы по зарыблению водохранилища ценными породами рыб: хариусом, омулем, сазаном из оз. Байкал и лещом из оз. Убинское.

После наполнения Братского водохранилища условия для развития лесной промышленности значительно улучшились. На обширной территории происходит резкий подъем экономики, улучшаются транспортные связи, возрастают потребности в древесине и в продуктах ее переработки. Возникают более благоприятные условия для лесозаготовок и для создания лесопромышленных предприятий. Открываются широкие возможности для электрификации лесозаготовительного и фабрично-заводского производства.

Количественная оценка экономического эффекта по речному транспорту, лесному и рыбному хозяйству в настоящее время затруднена из-за незавершенности каскада ГЭС на Ангаре и отсутствия достаточных данных.

Волжская ГЭС имени В. И. Ленина мощностью 2,3 млн. кВт со среднемноголетней выработкой 11,0 млрд. кВт·ч с регулирующим водохранилищем полезной емкостью 34,6 км³ является одной из крупнейших в европейской части страны. Ее энергетическое влияние распространяется на обширную территорию. При составлении настоящего раздела использованы материалы [Л. 5, 8].

Строительство Куйбышевского гидроузла во многих отношениях было пионерным. Здесь осваивались методы возведения крупнейших гидросооружений на мягких грунтах. Важной особенностью Куйбышевского водохранилища является то, что оно было создано как основной регулятор волжского стока.

Капитальные вложения в течение шестилетнего строительства с момента пуска гидроэлектростанции в эксплуатацию сменились постепенным нарастанием энергетического эффекта и снижением себестоимости отдаваемой энергии (рис. 4-14).

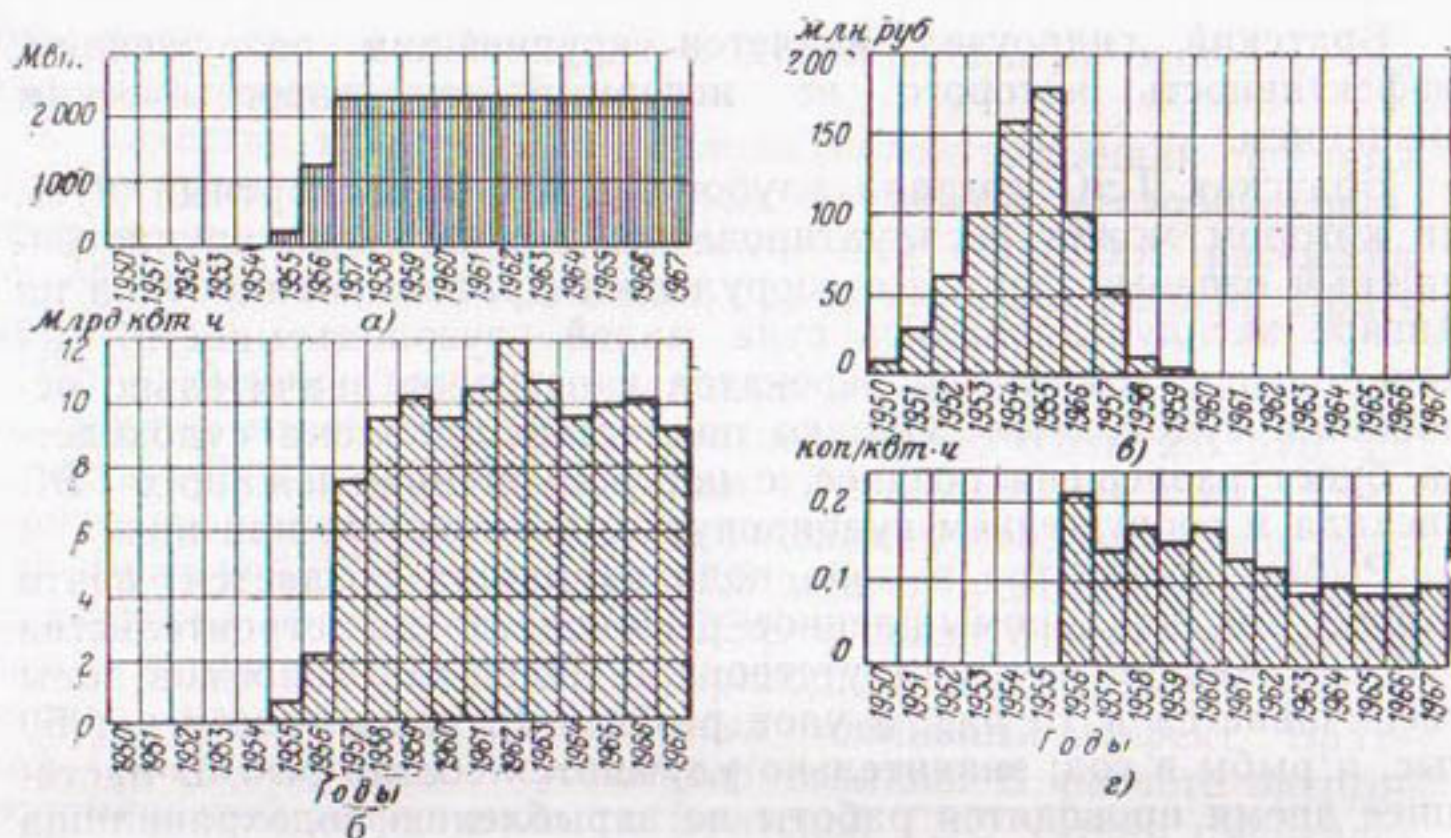


Рис. 4-14. Энергетические и экономические показатели Волжской ГЭС имени В. И. Ленина в период ее освоения и эксплуатации.

а — установленная мощность; б — выработка электроэнергии; в — капиталовложения; г — себестоимость электроэнергии.

Формирование Единой энергетической системы Европейской части СССР началось с ввода в строй Волжской ГЭС имени В. И. Ленина и создания высоковольтных связей с Центром и Уралом. Ввод гидроэлектростанции в эксплуатацию коренным образом улучшил энергоснабжение Москвы, Центра европейской части Союза и Поволжья, а после ввода в эксплуатацию линий электропередачи 400 кВ Волжская ГЭС — Урал — энергоснабжение Татарии, Башкирии и Урала. С вводом в эксплуа-

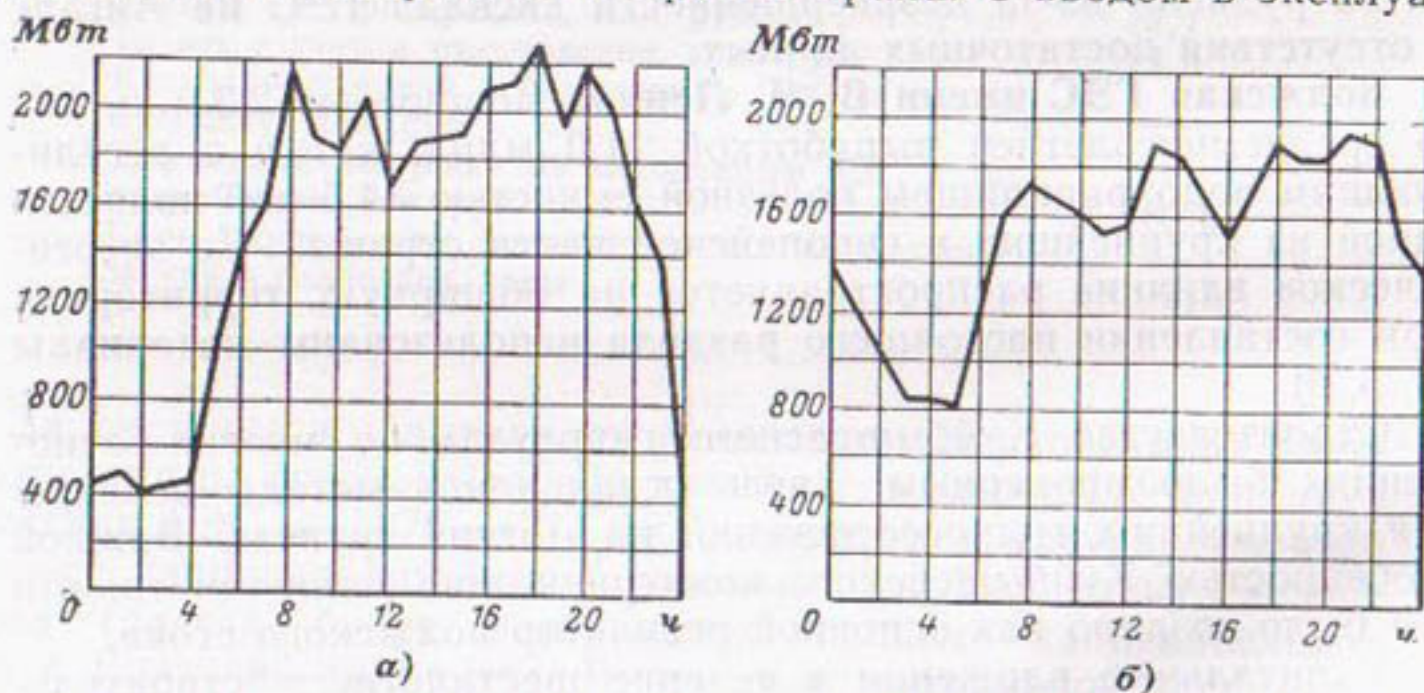


Рис. 4-15. Фактический суточный режим работы Волжской ГЭС имени В. И. Ленина в 1962 г.

а — зимой; б — летом.

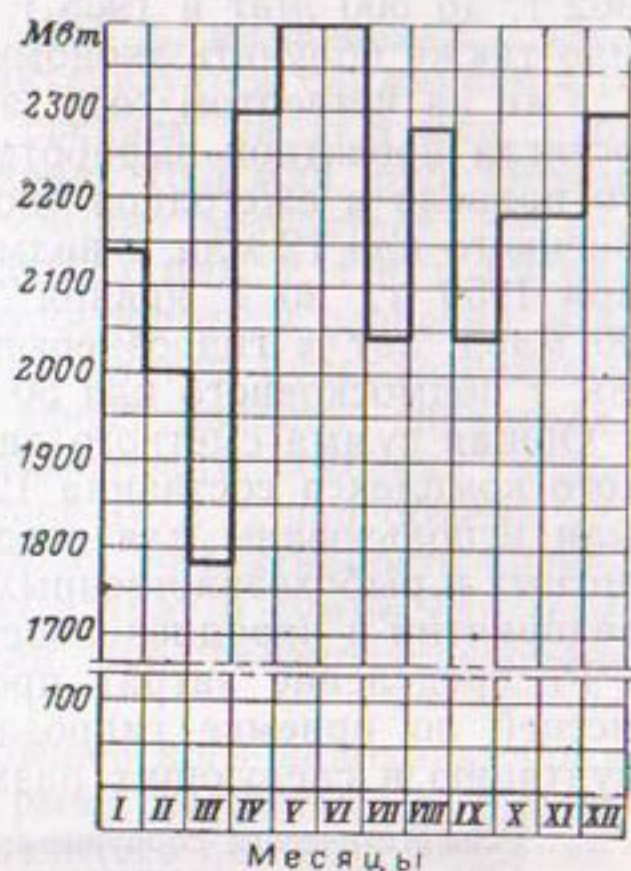


Рис. 4-16. Максимальная рабочая мощность Волжской ГЭС имени В. И. Ленина в 1962 г.

тацию Волжской ГЭС имени В. И. Ленина значительно повысились надежность и экономичность работы энергосистем и тепловых электростанций благодаря улучшению режимов их работы. При этом впервые были отменены в районах Центра все мероприятия по принудительному регулированию графиков потребления электроэнергии, на предприятиях был установлен единый выходной день, частично отменены ночные смены.

Режим работы гидроэлектростанции в первые годы эксплуатации определялся в основном условиями выпуска мощности по линиям электропередачи, а в отдельные периоды — величиной располагаемой мощности. Полное использование установленной мощности гидроэлектростанции было достигнуто в зимний период 1962 г. после снятия ограничений по пропускной способности ЛЭП 500 кв. Суточные графики работы гидроэлектростанции в зимний и летний периоды и ход максимальных используемых ее мощностей в этот год показаны на рис. 4-15 и 4-16.

Волжская ГЭС имени В. И. Ленина стала крупным источником пиковой мощности в европейской части СССР и совместно с другими гидроэлектростанциями значительно выравнивает суточный график работы тепловых электростанций в энергосистемах Центра, Поволжья, и Урала, повышая их эффективность. Волжская ГЭС имени В. И. Ленина явилась основой объединения энергосистем Центра, Поволжья и Урала линиями электропередачи 500 кв, что позволило реализовать эффект от совмещения нагрузок (разницы в пояском времени). По данным объединенного диспетчерского управления Средней Волги величина экономии на совмещении составляла от 250 Мвт в

1962 г. до 500 *Мвт* в 1965 г. Объединение энергосистем позволило также получить экономию на аварийном резерве.

Уже на четвертом году эксплуатации гидроэлектростанция достигла проектной выработки 11 млрд. *квт·ч* электроэнергии, что привело к ежегодной экономии топлива (около 5,2 млн. т донецкого или 12 млн. т подмосковного угля). За период с 1 января 1956 г. по 1 января 1967 г. было выработано более 100 млрд. *квт·ч* гидроэнергии, что эквивалентно экономии 115 млн. т подмосковного или 50 млн. т донецкого угля.

Общая сумма сметного лимита на строительство Куйбышевского комплекса составила 1214,6 млн. руб. Эти ассигнования были использованы для создания энергетических, водотранспортных и рыбохозяйственных сооружений, а также ряда других предприятий и народнохозяйственных объектов.

Распределение затрат произведено правительственной комиссией по приемке гидроэлектростанции в постоянную эксплуатацию в следующих размерах (млн. руб.):

Энергетические сооружения и комплексные затраты (гидроэлектростанция, плотина и водохранилище)	681,8
Транспортные сооружения и затраты на транспортное освоение водохранилища	173,2
Рыбохозяйственное освоение водохранилища	2,7
Жилищный фонд, объекты строительной индустрии, железные и шоссейные дороги, линии электропередачи и пр.	346,9

Стоимость объектов энергетического строительства и комплексных сооружений составила лишь около 60% общей суммы затрат по гидроузлу. Остальные 40% стоимости гидроузла — затраты на строительство объектов, которые после окончания строительства переданы на баланс соответствующих ведомств и организаций.

Сооружение гидроузла и образование водохранилища оказали существенное влияние на условия работы водного транспорта. На всем протяжении водохранилища (488 км по Волге и 193 км по Каме) установлена гарантированная глубина судового хода 3,65 м при ширине 100 м и радиусе закруглений 1 000 м. Это дало возможность повысить использование грузоподъемности судов и ликвидировать ежегодное землечерпание в объеме около 3 млн. *м³*. По отчетным данным ежегодная экономия за счет сокращения землечерпания на водохранилище Волжской ГЭС имени В. И. Ленина составляет 0,3—0,4 млн. руб., а экономия капиталовложений около 3 млн. руб. С образованием водохранилища сократилась длина судового хода по Волге на 38 км и по Каме на 11 км. Спрямление трасс и увеличение габаритов судового хода, сокращение объемов землечерпания и погашение скоростей течения (для судовых перевозок) оказали положительное влияние на экономические показатели работы водного транспорта.

Воднотранспортная эффективность Волжской ГЭС имени В. И. Ленина за период с 1956 по 1963 г., выявленная с учетом всех указанных факторов, характеризуется снижением отраслевых капитальных вложений в среднем на 17,8 млн. руб. и экономией эксплуатационных расходов 16,5 млн. руб. Объем перевозок в створе гидроузла непрерывно возрастает. За период 1956—1960 гг. он вырос с 15 до 22,7 млн. т, т. е. в 1,5 раза. В дальнейшем по мере роста грузооборота и освоения значительной доли его крупнотоннажным флотом будет возрастать и фактическая воднотранспортная эффективность гидроузла. Расчетная эффективность воднотранспортного освоения водохранилища была определена на уровне 1972 г. при объеме перевозок в створе гидроузла в 48 млн. т. Эффективность оценивалась экономией воднотранспортных затрат в сумме 73,4 млн. руб. по капиталовложениям и 14 млн. руб. по эксплуатационным издержкам.

В результате эксплуатации Куйбышевского водохранилища за период 1955—1964 гг. получено рыбы 277,2 тыс. ц вместо 228 тыс. ц, которые можно было получить в бытовых условиях.

В период строительства Волжской ГЭС имени В. И. Ленина был создан большой жилой фонд. Заново построены города Тольятти, Жигулевск с населением 80 тыс. чел., с общей жилой площадью свыше 500 тыс. м². Для эксплуатации гидроэлектростанции и шлюза необходимы лишь 1,5 тыс. чел. В связи с этим большая часть жилого фонда в настоящее время используется для вновь создаваемых в этом районе промышленных комплексов.

По подпорным сооружениям гидроузла проложены магистральный двухпутный железнодорожный переход Сызрань — Кинель и автомобильный переход дороги Москва — Куйбышев.

При сооружении Куйбышевского гидроузла были созданы мощная строительная база с разнообразными объектами строительной индустрии и высокомеханизированные карьеры с камнедробильными заводами, выпускающими в год до 5 млн. м³ камня и щебня. Построены четыре ремонтно-механических завода, три деревообделочных комбината, два завода сборного железобетона, завод товарного бетона.

В связи с выдачей мощности Волжской ГЭС имени В. И. Ленина были построены межрайонные и внутрисистемные линии электропередачи 500 кв ГЭС — Москва и ГЭС — Бугульма — Златоуст, а также 220 и 110 кв в Поволжье. Вся стоимость сетевого строительства составила 260,2 млн. руб. Таким образом, при определении эффективности гидроэлектростанции учитываются капиталовложения в сумме 952 млн. руб.

При определении экономической эффективности Волжской ГЭС имени В. И. Ленина следует учитывать следующую обстановку по тепловым электростанциям и добыче топлива в период 1950—1958 гг.

Таблица 4-31

Отчетная себестоимость добычи донецких и кузнецких углей

Угли	Себестоимость по годам, руб/т у. т.								
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Донецкие энергетические	9,2	10,5	10,5	10,6	10,2	10,2	10,5	11,7	11,5
Кузнецкие открытой добычи	2,9	5,07	3,25	3,33	3,42	3,53	3,42	3,50	3,73

В числе наиболее крупных ГРЭС, сооруженных в европейской части СССР в этот период, следует назвать Щекинскую, Троицкую, Черепетскую, Заинскую, Южно-уральскую. Мощность каждой из этих ГРЭС составила 300—600 Мвт, единичная мощность агрегатов 100—150 Мвт, срок строительства 5—7 лет. В среднем капиталовложения по ним составили 136 руб/квт, в том числе относимые на энергетику — 122,8 руб/квт.

В качестве топлива для ТЭС в районах Центра и Поволжья в течение всего рассматриваемого периода использовались в основном донецкие и подмосковные угли, а также ставропольский и прикаспийский газ, в уральских энергосистемах — кузнецкие угли. Углями, замыкающими топливный баланс указанных районов, следует считать для Центра и Поволжья донецкие, для Урала — кузнецкие.

Технико-экономические показатели указанных видов топлива для рассматриваемого периода на основе отчетных данных и проектных проработок имели следующие значения. Удельные первоначальные капитальные затраты по построенным шахтам за 1961—1964 гг., по отчетным данным бывшего Донецкого совнархоза, составили в среднем 31,6 руб/т. Учитывая, что усложнение горногеологических условий и изменение стоимостных показателей оборудования в прошедшее пятилетие приводили ежегодно к увеличению капиталовложений в среднем примерно на 5%, надо считать, что для расчетного периода 1959—1960 гг. эти капиталовложения были меньше на 15—18%, т. е. составляли примерно 26 руб/т. Вместе с затратами на поддержание добычи, проектно-изыскательские и прочие работы полные капиталовложения в добычу донецких углей для рассматриваемого расчетного периода равнялись 31 руб/т, что в пересчете на энергетический уголь дает 29,5 руб/т. Для кузнецких углей, поступающих в качестве энергетического топлива на Урал, полные удельные капиталовложения для этого же периода были соответственно 17,5 руб/т.

На ТЭС с учетом затрат по транспортировке топлива капиталовложения составят: в районах Центра — 42,3 руб/т условного топлива, в районах Поволжья — 43,3 руб/т условного

Таблица 4-32

Сопоставительные расчеты по оценке эффективности
Волжской ГЭС имени В. И. Ленина

Показатели	Волжская ГЭС имени В. И. Ленина	Заменяемые ТЭС
Мощность на расчетный год, <i>Мвт</i>	3 000	3 420
Выработка электроэнергии (средняя за 10 лет), млн. <i>квт · ч</i>	9 164	9 620
Капиталовложения, млн. руб.:		
в электростанцию	691,8	418,8
в топливную базу и транспорт топлива	—	158,4
в высоковольтные линии	260,2	119,0
Итого	962,0	696,2
То же с учетом фактора времени, млн. руб.	1016,3	698,8
Ежегодные издержки, млн. руб.:		
по электростанциям	12,1	104,6
по высоковольтным линиям передач	12,5	5,9
Итого	24,6	110,4
То же с учетом фактора времени, млн. руб.	23,5	102,9
Дополнительные капиталовложения, млн. руб.	317,5	—
Ежегодная экономия издержек, млн. руб.	79,4	—
Срок окупаемости, лет	4	—

топлива и в Уральской системе — 31,8 руб/т условного топлива. Отчетная себестоимость добычи донецких и кузнецких углей по данным ЦСУ приведена в табл. 4-31.

С учетом затрат по транспорту средние показатели себестоимости топлива (руб/т у. т.) на ГРЭС были следующими: в Центре — 14,34; в Поволжье — 14,56; на Урале — 6,65.

Вытесняемая мощность и выработка теплоэлектростанции определены, как указано выше, с учетом использования за первые 10 лет по мощности 2,7 млн. *квт* и по выработке 9,6 млрд. *квт · ч* энергии.

Суммарные затраты в заменяемый вариант по энергетике характеризуются следующими данными (млн. руб.):

Капиталовложения в ГРЭС	418,8
Капиталовложения в топливоподачу и транспорт	158,4
Ежегодные издержки по ГРЭС	52,9
Ежегодные издержки по топливу	51,6

При замене Волжской ГЭС имени В. И. Ленина тепловыми электростанциями понадобилось бы соответствующее строительство ЛЭП 220 и 110 *кв* с затратами примерно 119 млн. руб.

Результаты расчета (табл. 4-32) показывают, что при указанной экономии ежегодных издержек срок окупаемости дополнительных капиталовложений Волжской ГЭС имени В. И. Ле-

нина по сравнению с вариантом тепловых электростанций составляет примерно 4 года.

За период эксплуатации средняя себестоимость электроэнергии Волжской ГЭС имени В. И. Ленина снизилась с 0,2—0,17 коп/квт·ч до проектной величины 0,13 коп/квт·ч, а в 1963 г. с переходом на начисление амортизации по новым нормам Госплана СССР себестоимость электроэнергии на гидроэлектростанции снизилась до 0,089—0,098 коп/квт·ч.

С момента пуска и до настоящего времени электростанцией выработано свыше 100 млрд. квт·ч электроэнергии, которая распределялась между системами следующим образом:

	млрд. квт·ч	%
Центр	62,1	59,0
Поволжье	27,0	25,0
Урал	16,4	16,0
Итого	105,5	100,0

Реализация электроэнергии производилась по средним отпускным тарифам энергосистем (коп/квт·ч), которые составляли: по системе Мосэнерго — 1,61, по системе Куйбышевэнерго — 1,38, по системе Уралэнерго — 1,16.

Доход от реализации электроэнергии Волжской ГЭС имени В. И. Ленина за вычетом издержек производства, расходов на передачу и коммерческих расходов уже за первые десять лет ее эксплуатации оказался практически равным затратам, вложенным в строительство всех сооружений гидроузла.

Доход, который можно было бы получить при замене электроэнергии Волжской ГЭС имени В. И. Ленина электроэнергией тепловых электростанций, был бы почти в 2 раза меньше.

Литература

1. Бабурин Б. Л., Елохин Е. А., Подольский Е. М., Файн И. И., Эрлихман Б. Л., Топливный эффект проектируемых гидроэлектростанций, изд-во «Энергия», 1965 г.
2. Бесчинский А. А., Фельдман М. П., Методика определения эффективности водохозяйственного комплекса и распределения затрат между его компонентами, сб. «Проблемы гидроэнергетики и регулирования речного стока», вып. 2, изд-во АН СССР, 1963.
3. Богачев В. Н., Срок окупаемости, Теория сравнения плановых вариантов, изд-во «Экономика», 1966.
4. Вааг Л. А., Захаров С. Н., Методы экономической оценки в энергетике, Госэнергоиздат, 1962.
5. Волжская ГЭС имени В. И. Ленина, Технический отчет о проектировании и строительстве, Госэнергоиздат, 1963.
6. Гидроэнергетика СССР, Оргэнергострой, 1965.
7. Горнштейн В. М., Методика расчета изменения расхода топлива в результате сооружения или расширения ГЭС, «Электричество», 1960, № 11.
8. Горулева Л. Г., Демшин Л. Ф., Поваляева Л. К., Попова В. И., Редькина И. А., Федорова Л. П., Экономическая эффек-

- тивность Волжской ГЭС имени В. И. Ленина, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
9. Дойникова Я. И., Мелентьев Л. А., О методике определения экономии топлива и ежегодных расходов, получаемых от сооружения гидроэлектростанций, «Электрические станции», 1958, № 11.
 10. Доклады на Мировой энергетической конференции в г. Мадриде, 1960.
 11. Елохин Е. А., О нормативной эффективности капитальных вложений и норме учета фактора времени, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
 12. Елохин Е. А., Техничко-экономические расчеты по водохозяйственному комплексу, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
 13. Елохин Е. А., Файн И. И., Определение эффективности капиталовложений в гидроэнергетику, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
 14. Изард У., Методы регионального анализа, изд-во «Наука», 1966.
 15. Кароль Л. А., Оценка суточного режима работы гидростанций по величине вытесняемого топлива, Труды МЭИ, вып. 46, 1963.
 16. Колосовский Н. Н., Основы экономического районирования. Географиз, 1958.
 17. Кукель-Краевский С. А., Единая электроэнергетическая система Европейской части СССР, изд-во АН СССР, 1938.
 18. Кукель-Краевский С. А., Обобщенный метод выбора оптимальных параметров энергетических установок, «Электричество», 1940, № 8.
 19. Мазовер Я. А., Макарова Т. Е., Марьянова Т. В., Пробст А. Е., Рабинович М. М., Раздина Н. Е., Савельев В. К., Соколов Ю. А., Развитие топливной базы районов СССР, изд-во «Недра», 1968.
 20. Методика определения экономической эффективности гидроэлектростанций, Госэнергоиздат, 1961.
 21. Методика технико-экономических расчетов в энергетике, Государственный Комитет Совета Министров СССР по науке и технике, 1966.
 22. Молчановский А. С., О применении показателя удельных капиталовложений в гидроэнергетическом строительстве, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
 23. Народное хозяйство СССР. Статистический ежегодник, 1963, 1965, 1967 гг., изд-во «Статистика».
 24. Нестерук Ф. Я., Развитие гидроэнергетики СССР, изд-во АН СССР, 1963.
 25. Озиранский С. Л., Экономическая эффективность промышленного освоения районов строительства крупных гидроэлектростанций, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
 26. Основные положения по экономическим расчетам гидроэлектростанций, Гидропроект, 1966.
 27. Пробст А. Е., Размещение социалистической промышленности (теоретические очерки), Экономиздат, 1962.
 28. Пробст А. Е., Эффективность территориальной организации производства, изд-во «Наука», 1965.
 29. Пробст А. Е., Соколов Ю. А., Макарова Т. Е., Сравнительные технико-экономические показатели по добыче и транспорту топлива по районам СССР, изд-во «Наука», 1964.
 30. Саатчян Л. А. и Ханнсон Я. И., О выборе рациональной структуры генерирующих мощностей в энергосистемах, «Электричество», 1962, № 5.
 31. Славин С. В., Промышленное и транспортное освоение Севера СССР, Экономиздат, 1961.
 32. Строительные нормы и правила, ч. III, разд. А, гл. 3, Нормы продолжительности строительства предприятий, очередей, пусковых комплексов, цехов, производств, установок, зданий и сооружений, Стройиздат, 1966.
 33. Терман И. А., Современное состояние и перспективы развития гидроэнергетики, Труды Гидропроекта, сб. 16, изд-во «Энергия», 1969.

34. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений, Госплан СССР, Госстрой СССР, АН СССР, 1969.
35. Файн И. И., Экономическая эффективность Братского гидроузла, Труды Гидропроекта, сб. № 17, изд-во «Энергия», 1969.
36. Школьников М. Г., Ангаро-Енисейская проблема, Госпланиздат, 1958.
37. Шустер А. И., О методах учета разновременности при оценке эффективности капитальных вложений и новой техники, сб. «Капитальные вложения и резервы их использования», изд-во АН СССР, 1963.
38. Щавелев Д. С., О разнесении между водопользователями затрат водохозяйственного комплекса, «Гидротехническое строительство», 1966, № 6.
39. Щавелев Д. С., О методике учета фактора времени в технико-экономических расчетах, сб. докладов по экономике водного хозяйства «Экономическая эффективность капитальных вложений при комплексных водохозяйственных мероприятиях», 1967.
40. Электрификация СССР, под общей редакцией П. С. Непорожного, изд-во «Энергия», 1970.
41. Энергетика СССР, изд-во «Энергия», 1968.
42. Энергетические ресурсы СССР, Гидроэнергетические ресурсы, изд-во «Наука», 1967.
43. Эрлихман Б. Л., Энерго-экономические расчеты гидроэлектростанций, изд-во «Энергия», 1969.
44. Moodys Public Utility Manual, 1968.
45. Statistical Bulletin of the UN, 1968.
46. Transaction of the ASME Series A, Journal of Engineering for Power, 1960, v. 82 A, № 3, 1957, v. 79 A.
47. World Power Conference, Survey of Energy Resources, 1968.

Задачи науки в области комплексного использования водных ресурсов и гидроэнергетики

5

Дальнейшее развитие народного хозяйства СССР обуславливает необходимость повышения планомерности и эффективности использования водных ресурсов страны и глубокого научно-технического обоснования всех проблем водохозяйственного комплекса.

Основные направления развития науки и техники в области водохозяйственного строительства на ближайший период определяются главными задачами таких ведущих отраслей водного хозяйства, как гидроэнергетика, сельскохозяйственные водные мелиорации, водоснабжение и канализация промышленности и населенных мест, водный транспорт, рыбное хозяйство, а также охрана водных ресурсов и борьба с вредным проявлением подземных и поверхностных вод.

Для успешного развития отраслей водного хозяйства страны оказывается уже недостаточным повышение уровня использования существующих водных ресурсов только путем строительства и использования регулирующих водохранилищ. Становится настоятельно необходимым осуществление переброски больших количеств воды с севера на юг в районы с водным дефицитом, в первую очередь переброски стока северных рек европейской части СССР в бассейн Волги с последующим расширением территориального перераспределения водных ресурсов нашей страны, и решение ряда крупных комплексных водохозяйственных проблем, в том числе проблем Азовского, Каспийского и Аральского морей, комплексного использования земельных и водных ресурсов Волго-Уральского междуречья, Дальнего Востока и других районов, а также проведение целого ряда мероприятий по охране водных ресурсов.

Осуществление столь широких мероприятий потребует колоссальных капиталовложений, а это в свою очередь ставит перед наукой ряд общетехнических и экономических проблемных задач, таких, как разработка экономических принципов и методов распределения капитальных вложений и эксплуатационных затрат в многоотраслевых гидроузлах и усовершенствование методики оценки экономической эффективности комплексных водохозяйственных мероприятий. При этом для решения

центральной задачи эффективного использования водных ресурсов необходимо предварительно провести широкие систематические исследования влияния хозяйственной деятельности человека на водные ресурсы в условиях все возрастающего использования их и разработать методику прогнозирования изменений в природе прилегающих территорий в связи с их затоплением и подтоплением, переформированием берегов, изменением гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима рек, озер, водохранилищ, а в ряде случаев и климатических условий.

Другая важнейшая задача науки — улучшение технологии использования воды и разработка новых сниженных удельных показателей водопотребления и водоотведения во всех областях водного хозяйства. В частности, в области гидроэнергетики должна быть разработана эффективная методика выбора наиболее оптимальных параметров гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций и определены рациональные режимы их работы в энергетических и комплексных водохозяйственных системах.

В свою очередь необходимость выполнения в сжатые сроки исключительно больших объемов строительных гидротехнических работ потребует форсировать разработку научно обоснованных методов организации гидротехнического строительства, обеспечивающих резкое снижение сроков и стоимости строительства за счет внедрения и освоения новой технологии массовых бетонных и земельно-скальных работ. В особенности важно достигнуть резкого сокращения подготовительного периода строительства водохозяйственных объектов и периода их временной эксплуатации.

В области гидроэнергетики предусматривается расширение использования водных ресурсов страны путем создания:

- в центральной части Сибири Ангара-Енисейского каскада крупных гидроэлектростанций для широкого развития алюминиевого и других электроемких производств;

- в Средней Азии и Закавказье крупных комплексных ирригационно-энергетических гидроузлов;

- в европейской части страны гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций для решения задач покрытия постоянно возрастающей пиковой части графика в ЕЕЭС и покрытия острого дефицита топливно-энергетического баланса в Европейской части СССР и на Урале;

- в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока ряда крупных ГЭС для обеспечения электроэнергией отдаленных и бедных топливом и людскими резервами районов с жизненно важными для страны производствами.

Рассмотрим основные научные задачи применительно к указанным ведущим проблемам водного хозяйства.

В настоящее время большинство крупных гидроузлов в стране строится для комплексного использования водных ресурсов с учетом интересов различных отраслей народного хозяйства. Это позволяет полнее использовать водные ресурсы и гидроэнергетический потенциал рек. Поэтому одной из важнейших научных задач является прежде всего глубокое изучение народнохозяйственных требований к комплексному использованию водных ресурсов и разработка технических решений, обеспечивающих достижение высокого экономического эффекта и отвечающих современному научно-техническому прогрессу в отношении конструктивных решений сооружений и их оборудования, технологии производства строительных работ.

При этом первостепенное значение приобретают правильное определение состава, эффективности и очередности строительства, а также экономичность эксплуатации созданных комплексов, в том числе обязательное обеспечение каскадного использования рек.

В связи с этим приобретает важнейшее значение разработка методики правильной оценки фактической эффективности капиталовложений в энергетику, водный транспорт, водоснабжение, ирригацию и в другие компоненты водохозяйственного комплекса и на основе этого определение доли участия той или иной отрасли водного хозяйства в стоимости гидроузла (плотины, защитные выправительные и берегоукрепительные сооружения, здания ГЭС, судоходные шлюзы, работы по устройству водохранилища и др.). Это необходимо как для правильного распределения капитальных вложений между отраслями водного хозяйства, так и для определения себестоимости энергии, воды, транспортных расходов.

Существующая в настоящее время порочная практика отнесения расходов по строительству комплексных гидроузлов только на гидроэнергетику ставит последнюю в очень невыгодные условия. Это тем более недопустимо, что при строительстве целого ряда комплексных гидроузлов (например, Токтогульского, Каневского, Могилев-Подольского) капиталовложения на энергетику составляют лишь около половины общих капиталовложений в эти гидроузлы.

Здесь следует отметить также необходимость решения другой важной задачи, которая связана с разработкой совершенной методики оценки ущерба от затопления земель при создании водохранилищ и компенсирующих мероприятий, направленных, например, на развитие сельского хозяйства, рыбоводства и др., а также правильной оценки районообразующего эффекта гидроузлов. Все это имеет особое значение для тех комплексных гидроузлов, в

которых энергетике принадлежит ведущая роль в развитии народного хозяйства, как это можно видеть на примере Днепрогэса, Волжских, Братской и других гидроэлектростанций.

Все большую актуальность приобретает проблема научно обоснованного определения сроков амортизации разного типа сооружений и оборудования комплексных гидроузлов и установление величины амортизационных отчислений. Сейчас особенно остро стоят эти вопросы для такой отрасли водного хозяйства, как гидроэнергетика.

Правильное решение их позволит во многих случаях снять еще существующие неоправданные ограничения в развитии гидроэнергетики.

К числу важных проблем, подлежащих решению при комплексном использовании водных ресурсов страны, должны быть отнесены: дальнейшее систематическое изучение и оценка водных ресурсов страны (прежде всего в дефицитных по воде районах); более углубленное изучение влияния хозяйственной деятельности человека на речной сток; изучение многолетних колебаний стока, в том числе разработка методики долгосрочных прогнозов речного стока; определение запасов подземных вод и их связь с водными ресурсами рек и озер; установление оптимальных уровней, гидробиологических и гидромеханических режимов морей и рек; разработка методики составления водохозяйственных балансов, учитывающих качественную сторону водных ресурсов, а также разработка мероприятий по охране водных ресурсов и по экономии воды (в том числе введение дифференцированной цены на воду для всех водопотребителей и водопользователей); исследование методов управления атмосферными осадками и искусственной конденсации природных запасов водяного пара; разработка схем комплексного использования водных ресурсов бассейнов рек, в которых намечается перспективное водохозяйственное строительство.

Необходимо также решить ряд важных для народного хозяйства экономических вопросов, возникающих в процессе более широкого комплексного использования водных ресурсов. Надо осуществить водохозяйственное районирование территории страны как по балансу водных ресурсов, так и по их качеству; изучить влияние водных ресурсов на развитие и размещение производительных сил; разработать методы определения технико-экономических показателей водохозяйственных мероприятий с учетом последствий для народного хозяйства; создать экономическую основу оптимизации режимов комплексного использования водных ресурсов; разработать методику оценки влияния режима водопдачи (в верхнем и нижнем бьефах) на различные отрасли народного хозяйства; определить экономическую эффективность очистки сточных вод и роли водохранилищ в улучшении качества воды; создать методику оценки ущерба от спуска сточных вод в водотоки и водоемы.

Дальнейшее развитие советской гидроэнергетики будет осуществляться с соблюдением выработанных практикой основных принципов каскадного строительства гидроузлов и комплексного использования гидроресурсов для нужд различных отраслей народного хозяйства. При этом должны быть учтены конкретные проблемы, которые обусловлены особенностями развития энергетики СССР на ближайшую перспективу:

- повышение роли гидроэнергетики в покрытии пиковых нагрузок и дефицита в топливном балансе страны;

- развитие гидроэнергетики в восточных районах страны на базе строительства крупных гидроузлов в Сибири и на Дальнем Востоке, в Средней Азии и Казахстане;

- повышение эффективности гидроэнергетики в целом.

Первая из указанных проблем приобрела особенную остроту для европейской части СССР, где дефицит в пиковых мощностях и в топливе растет с каждым годом по мере развития народного хозяйства.

Проблема покрытия пиков нагрузки и методы ее решения должны стать предметом дальнейших проектных и научно-исследовательских работ. В первую очередь здесь необходим подробный анализ эксплуатационных и экономических показателей пиковых электростанций различного типа (тепловых, газотурбинных, гидравлических и гидроаккумулирующих с разными мощностями и параметрами).

В гл. 4 приведен ряд соображений о роли гидравлических и гидроаккумулирующих электростанций. Очевидна целесообразность дальнейшего строительства в европейской части страны ряда гидроэлектростанций на неиспользованных или не полностью использованных речных водотоках, а также использование возможностей увеличения мощности ранее построенных ГЭС специально для покрытия пиков суточной нагрузки. Это те гидроэлектростанции, которые обладают соответствующими условиями — достаточная емкость водохранилища, удобство сооружения нового здания ГЭС и др. (например, Днепровская ГЭС имени В. И. Ленина).

Другое направление решения проблемы состоит в строительстве ряда гидроаккумулирующих электростанций большой мощности. Учитывая, что в СССР нет еще достаточного опыта строительства таких установок, в ближайшее время необходимо решить целый ряд вопросов, связанных с усовершенствованием и созданием новых обратимых агрегатов, с созданием конструкций сооружений, выбором соответствующих эксплуатационных режимов и правильной экономической оценкой ГАЭС.

Решение второй проблемы связано с освоением богатых полезными ископаемыми и природными ресурсами районов Сиби-

ри и Дальнего Востока. Промышленное развитие этих районов в значительной мере зависит от возможности получения здесь дешевой электроэнергии на мощных и сверхмощных электростанциях.

В связи с этим целесообразно продолжить исследования по использованию гидроэнергетических ресурсов бассейна Ангары и Енисея и по развитию гидроэнергостроительства в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока, бедных топливными ресурсами и богатых ценными ископаемыми. Речь идет об использовании энергии рек бассейна Лены, Амура, Колымы и др.

Энергетическое использование рек в восточных районах страны должно сочетаться с решением комплексных водохозяйственных проблем (в частности, на Дальнем Востоке — борьба с наводнениями, на Крайнем Севере — водоснабжение промышленных предприятий и населенных пунктов, в Средней Азии и Казахстане — ирригация). В проектах гидроузлов на крупных реках Сибири и Дальнего Востока не должны быть упущены интересы водного транспорта. Весьма важны специальные разработки по вопросам создания магистральных водных путей, в особенности имеющих широтное направление. Таким примером является проект Урало-Кузбасского водного пути, первые наброски которого были даны еще в 30-х годах нашего века. Практически уже начаты работы по созданию водного пути в верховьях Енисея, рассматривается вопрос о судоходном освоении Ангары. Значительный интерес вызывает проект шлюзованного водного пути по реке Лене с выходом в Охотское море, что позволит избежать тяжелого в навигационном отношении пути через Берингов пролив. Большое народнохозяйственное значение для Дальнего Востока может иметь осуществление воднотранспортного соединения Амура с Татарским проливом.

Разумеется, что строительство гидроузлов в суровых климатических условиях Сибири, в районах вечной мерзлоты потребует широких исследований и внедрения специальных конструкций бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений и сооружений из местных материалов.

Третья проблема — повышение эффективности гидроэнергетического строительства — связана с научно обоснованным решением таких вопросов, как первоочередное освоение наиболее эффективных гидроэнергоресурсов страны; снижение затрат на устройство водохранилищ; строительство крупных гидроэлектростанций высокого напора с гидроагрегатами большой единичной мощности; внедрение наиболее экономичных конструкций гидросооружений (с учетом местных условий); применение новых строительных материалов; использование совершенного энергетического и гидромеханического оборудования, в том числе быстроходных турбин, высоковольтных генераторов и генераторов с водяным охлаждением, высоконапорных затворов разных типов; переход на новые более совершенные методы производства строительных и монтажных работ и повышение организационного

уровня гидроэнергостроительства; совершенствование методов эксплуатации гидроэлектростанций и их сооружений.

Перечисленные основные направления научных работ должны быть подкреплены исследованиями общей проблемы оценки эффективности капиталовложений в гидроэнергетику, разработкой научно обоснованных критериев и нормативов эффективности гидроэнергостроительства.

5-3

Использование водных ресурсов для сельскохозяйственных мелиораций

Масштабы использования водных ресурсов для сельскохозяйственных мелиораций в СССР огромны и определяются центральной народнохозяйственной проблемой обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства и удовлетворения потребностей населения продуктами земледелия и животноводства. Эта проблема усугубляется тем, что большую часть производства основных сельскохозяйственных продуктов — зерна и мяса — намечено сосредоточить на юге и юго-востоке европейской части СССР, в Сибири и в Казахстане, т. е. в полусухих и в засушливых зонах. Эти земли представляют высокую ценность для интенсивного сельского хозяйства при условии регулярного орошения их. Расширение орошаемых земель потребует дополнительно больших количеств воды. Вода нужна и для обводнения пастбищ, площадь которых увеличится в ближайшие годы на 20—25%, а в перспективе — на 50%. Планируется обеспечить сельское население централизованным водопроводом и канализацией, а также полностью механизировать водоснабжение животноводческих ферм и полевых станков. Это также увеличивает общую потребность в воде. Между тем многие из указанных выше районов страны обладают явно недостаточными водными ресурсами. Это целиком относится к обширным областям Средней Азии, реки которой имеют наименьшую водность из всех рек Советского Союза и к тому же большая часть годового стока рек приходится на ограниченный период половодья; в остальное время года воды в этих реках очень мало и в особенности ее не хватает для весенних поливов.

Несоответствие водных ресурсов все расширяющимся потребностям вызывает необходимость проведения большого объема строительных работ, связанных и с межбассейновой переброской воды (что рассмотрено ниже) и с устройством крупных водохранилищ для регулирования стока рек, используемых для орошения.

Для суждения о размерах этих работ укажем, что затраты на осуществление мероприятий, связанных с использованием водных

ресурсов для сельскохозяйственных мелиораций, составляют примерно 50—60% всех затрат, намечаемых на ближайшие годы по всем отраслям водного хозяйства (заметим, что намечаемые затраты на развитие гидроэнергетики составляют около 16—17%).

В связи с резким увеличением потребностей воды на орошение и обводнение пастбищ исключительное значение приобретает изучение проблемы всемерной экономии воды для орошения и уменьшения потерь используемой воды.

Экономия воды для орошения обеспечивается в основном переходом на прогрессивные системы орошения: механическое дождевание, подпочвенное орошение и другие. Важную роль в экономии воды могут сыграть разработка и внедрение экономичных противифльтрационных одежд магистральных, распределительных и других каналов, пролагаемых в водопроницаемых грунтах, полное шлюзование оросительных систем для ограничения холостых сбросов при орошении, применение специальных конструкций против испарения воды с поверхности водохранилищ (пленочные покрытия и т. п.), использование для орошения сточных и сбросных вод.

Для снижения расходов воды на орошение необходимо разработать научно обоснованные агротехнические мероприятия: сроки и способы поливов и нормы расхода воды на орошение. Потери воды в ирригационных каналах должны быть снижены в зависимости от размеров систем с 60—40% до 15—10%, коэффициент полезного действия систем соответственно повышен до 0,85—0,90. Все эти задачи должны разрешаться в тесном содружестве науки и практики.

5-4

Водоснабжение и канализация промышленности и населенных пунктов

В гл. 3 было указано, что водоснабжение в нашей стране, особенно централизованное, несколько отстает от роста промышленности и развития городов и рабочих поселков. То же самое относится и к водоотведению. В ряде городских населенных пунктов канализацией охватываются только центральные части их. Производительность имеющихся очистных сооружений недостаточна, сооружения работают с перегрузкой. Часть промышленных предприятий не имеет полного комплекса очистных сооружений. В результате сброса неочищенных сточных вод загрязняются водоемы, что осложняет использование последних в промышленных, культурно-бытовых и рыбохозяйственных целях.

В последние годы благодаря ряду правительственных постановлений и внимания общественности к охране водных

источников произошло улучшение канализационного хозяйства, промышленные предприятия стали больше уделять внимания очистке сточных вод.

Следует отметить, что по затратам на намеченные к осуществлению мероприятия эта отрасль водного хозяйства занимает второе место; затраты составляют от 25 до 30% общего объема затрат на все отрасли водного хозяйства.

Первоочередными мероприятиями по упорядочению и развитию водоснабжения и канализации и связанными с этим научными проблемами являются дальнейшее развитие централизованных систем водопровода и канализации в населенных пунктах и в промышленности, строительство совершенных очистных сооружений, введение в промышленности оборотного водоснабжения, внедрение прогрессивных норм водопотребления, совершенствование технологических процессов в отношении достижения максимальной экономии воды и использование морской (для промышленности) и опресненной соленой воды.

В маловодных районах со скудными запасами поверхностных и подземных вод для обеспечения водой крупных городов и промышленных центров осуществляется ряд проектов по переброске воды из близлежащих рек и бассейнов. Для подачи больших расходов воды сооружаются каналы, крупные трубопроводы, насосные станции. Производится полная реконструкция водного хозяйства. Примерами таких сложных комплексов сооружений являются построенные для водоснабжения Донецкого промышленного и Криворожского железорудного бассейнов каналы Северный Донец — Донбасс и Днепр — Кривой Рог, а также строящийся канал Иртыш — Караганда.

Осуществление проектов подобных комплексов должно базироваться на обширных научных исследованиях: гидрологических, геологических, гидравлических, экономических и т. д.

Говоря о проблеме использования опресненной воды в СССР, необходимо указать, что к районам, в которых отсутствует в достаточном количестве пресная вода, относятся Туркменская ССР в зоне Каракумов и на восточном побережье Каспийского моря, Курганская область, Калмыцкая АССР и западное и восточное побережье Каспийского моря¹. Предварительные данные по ряду других районов Советского Союза говорят о наличии больших запасов поверхностных и подземных соленых и солоноватых вод, непригодных для использования их в промышленности и сельском хозяйстве.

В Советском Союзе проблемой опреснения воды занимается ряд научно-исследовательских организаций. Однако эта проблема еще не вышла из стадии опытных работ. Из различных мето-

¹ На побережье Каспийского моря, где нехватка воды ощущается наиболее остро, снабжение пресной водой до недавнего времени осуществлялось железнодорожными цистернами или водным транспортом. Стоимость подвоза воды из г. Баку в г. Красноводск составляет примерно 1 р. 55 к. за 1 м³.

дов опреснения воды наиболее распространены дистилляция морской воды с применением обычного или атомного топлива и замораживание воды с использованием природного или искусственного холода. Из новейших еще недостаточно разработанных методов опреснения воды испытываются ионнообменные процессы, метод экстракции и другие.

Прогнозами установлено, что в настоящее время основной путь решения проблемы опреснения соленой воды состоит в использовании атомной энергии. В результате проектных проработок и исследований установлено, например, что атомный реактор тепловой мощностью 2,2 млн. кВт может обеспечить работу электростанции мощностью 510 тыс. кВт и опреснительной установки на 180 тыс. м³ пресной воды в сутки. В этом случае стоимость опреснения не будет превышать 2—3 коп. за 1 м³ воды. А при создании реакторов тепловой мощностью 10—20 млн. кВт стоимость опресненной воды снизится настолько, что ее можно будет использовать даже в ирригации.

По данной проблеме в первую очередь необходимо продолжать научную разработку теоретических и экономических основ расчета и конструирования дистилляционных опреснительных установок различной мощности на ядерном топливе. Не менее важно развертывание научных работ по изысканию новых экономических методов опреснения воды. Актуален также вопрос о промышленном использовании рассолов, получаемых как побочный ценный продукт в процессе опреснения морской или грунтовой минерализованной воды.

5-5

Рыбное хозяйство

Рост общих уловов рыбы в СССР осуществляется в настоящее время исключительно за счет промысла в открытых морях и океанах. Однако значение внутренних водоемов по-прежнему велико, так как в них производится лов наиболее ценных пород рыб и они являются крупным поставщиком живой и охлажденной рыбы.

Основными причинами снижения улова рыбы и ухудшения их видового состава во внутренних водоемах являются: нерациональное ведение промысла; нарушение бытовых режимов рек в результате гидростроительства; несвоевременное и не всегда правильное проведение рыбомелиоративных мероприятий. К сожалению, отечественная ихтиология, призванная заниматься рыбным хозяйством, решением проблем хозяйственного значения, не занимает еще ведущего положения не только в вопросах увеличения запасов ценных промысловых рыб, но даже и сохранения их; она недостаточно занимается вопросами искусствен-

ного воспроизводства, акклиматизации в водоемах новых продуктивных видов рыб и кормовых организмов.

Та часть проблемы восстановления и развития рыбного хозяйства, которая относится к гидротехнике, включает в первую очередь исследования и конструирование эффективных рыбопропускных и рыбозащитных устройств при плотинах и водозаборах, а также разработку других мероприятий по охране рыбы в условиях зарегулированного стока рек, таких, например, как нерестовые пропуски из водохранилищ и т. п. Большое значение для сохранения и увеличения запасов рыбы имеет осуществление различных научно обоснованных рыбоводно-мелиоративных мероприятий. Сюда относится строительство сооружений для искусственного рыборазведения (хозяйственное освоение водохранилищ), развитие прудового рыбоводства, борьба с загрязнением водоемов. В частности, обнадеживающие результаты дает опыт прудового разведения рыбы в теплой воде водохранилищ-охладителей ТЭС. По этой проблеме необходимо продолжить и расширить экспериментальные исследования.

Учитывая, что одним из основных источников получения рыбопродуктов высокого качества в дальнейшем будут Каспийское и Азовское моря с впадающими в них реками, особое значение приобретают научные проблемы переброски стока северных рек в бассейны Волги, Урала и Дона с целью стабилизации солевого и гидромеханического режима Азовского моря, а также поддержание постоянного уровня Каспийского моря и подтопление его северо-восточной части, богатой кормовыми ресурсами.

В заключение следует указать, что осуществление отдельных разрозненных рыбохозяйственных мероприятий не может дать желаемого эффекта. Лишь тщательно продуманная и научно обоснованная система мероприятий, охватывающая все звенья процессов воспроизводства и защиты промысловой рыбы сможет обеспечить сохранение запасов ценных пород рыб и гарантировать получение максимальной продукции.

5-6

Территориальное перераспределение водных ресурсов

Крупные проекты территориального перераспределения стока рек СССР ставят своей целью решение важных народнохозяйственных проблем. Большое количество самых разнообразных вопросов, затрагиваемых проектами, потребует длительных проработок и своевременного разрешения с помощью специально поставленных широких научных исследований.

Один из наиболее полно разработанных проектов межтерриториального перераспределения водных ресурсов предусматри-

вает переброску стока крупных северных рек Печоры и Вычегды на юг — в бассейн Волги и в Каспийское море.

Осуществление этого проекта даст огромный экономический эффект — восполнит дефицит приточности Каспийского моря, улучшит судоходство в устье Волги и в морских портах, находящихся под угрозой обмеления; расширит кормовые площади для ценных пород рыб; повысит на 10 млрд. кВт·ч выработку электроэнергии на действующих и строящихся гидроэлектростанциях Камского и Волжского каскадов без наращивания их мощности; позволит увеличить забор воды для орошения и обводнения засушливых степей в бассейнах Волги и Урала и в Прикаспийской низменности. Кроме того, на Камско-Печорском водохранилище будут построены гидростанции для снабжения энергией Северного Урала. Реки Печора, Вычегда и Кама соединятся водным путем, который откроет возможность дешевого транспортирования печорского угля на Урал и леса на Волгу.

Другой, менее разработанный проект переброски вод великих сибирских рек Оби, Иртыша и Енисея на юг ставит своей целью орошение обширных безводных пространств Приуралья и Прикаспия, с учетом решения проблемы Аральского моря.

Выполненные проработки показали, что для развития орошаемого земледелия и обводнения пастбищ в районах Средней Азии и Казахстана потребуется перебросить из Обь-Иртышского бассейна до 200 км³ стока в год.

Переброска стока сибирских рек на юг — сложная комплексная и прежде всего экономическая проблема, требующая длительного изучения и тщательной подготовки. Разрешение этой проблемы займет много лет и должно быть организовано очередями, позволяющими окупить капитальные затраты в приемлемые для народного хозяйства сроки. Вместе с тем сколько-нибудь серьезных проектных проработок, основанных на глубоких технико-экономических исследованиях, по этой проблеме еще не проводилось. Необходимо в ближайшее время развернуть большие научно-исследовательские и проектные работы с привлечением различных научных и проектных институтов, сосредоточив руководство ими в авторитетной организации.

Проблема Каспия и другие проекты территориального перераспределения водных ресурсов не первый год находятся в поле зрения ряда научно-исследовательских и проектных организаций. Однако и до сих пор многие вопросы гидрологии, гидробиологии, геологии, сельского хозяйства, организации строительных работ и другие не получили должного разрешения. Так, почти совсем не разработан вопрос о климатических изменениях, которые неизбежно вызовет каждое крупное перераспределение стока. В частности, до осуществления проекта переброски стока сибирских рек необходимо изучить возможные неблагоприятные изменения климата в устьях Оби и Енисея и усиления ледовитости Карского моря. Не менее сложные научные проблемы воз-

никнут при разработке проектов переброски стока Дуная на юг Украины и Молдавии, стока рек Припяти и Западной Двины — в верховье Днепра, водообеспечения района Курской магнитной аномалии (КМА) и др.

Другой кардинальной проблемой этих проектов явится их экономическое обоснование, тесно связанное с разработкой рациональных способов производства массовых земляных работ по сооружению плотин, дамб и каналов и созданию новых мощных землеройных машин — землесосных снарядов, мощных экскаваторов и скреперов и других механизмов, приспособленных, в частности, для работы в специфических грунтовых условиях, например в моренных отложениях, в лессах и других грунтах. Представляет большой интерес использование атомной энергии для проведения взрывов на выброс больших масс грунта.

5-7

Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения

Борьба с загрязнением рек, озер, водохранилищ, грунтовых вод определяется в основном законодательными и административными мероприятиями. Контролю со стороны государственных органов подлежат стоки промышленных предприятий, городские канализационные воды, загрязнение вод, вызываемое водным транспортом (портовые стоки, утечка нефти), и другие источники загрязнения природных вод. При этом возникает ряд проблем, требующих разрешения научно-техническими методами. Это прежде всего относится к совершенствованию способов очистки сточных вод различного типа с применением как механических и химических, так и биохимических методов. Особое внимание при этом необходимо уделить стокам водоподготовки тепловых электростанций, зольным водам и канализационным водам, содержащим расщепляющиеся изотопы.

Необходимо создание новых совершенных конструкций очистных сооружений и оборудования, поиски эффективных безвредных реагентов для обработки сточных вод. Весьма важно также прогнозирование процессов самоочищения воды и разработка методики определения ущерба, причиняемого загрязнением воды, с тем, чтобы иметь надежный критерий для экономического выбора способов защиты природных вод от загрязнения их стоками.

Борьба с загрязнением воды ядохимикатами, применяемыми в сельском хозяйстве, становится все более актуальной и требует специальных научных исследований. Такие исследования должны прежде всего определить опасные концентрации ядов, а также разработать типы дренажей для сбора и отвода грунтовых

вод, содержащих использованные препараты, последующей очистки и нейтрализации воды.

Защита природных вод от загрязнения сплавляемым лесом требует перевода молевого сплава леса на сплав плотами и перевозку на судах, а также очистки водоемов от топляков.

Важной проблемой охраны водных ресурсов от истощения является сокращение потребления свежей воды для технических целей. Необходимо усовершенствование существующих и разработка новых методов повторного использования отработанной воды в промышленном водоснабжении. Эта работа весьма срочная, так как по решению правительства промышленные предприятия подлежат переводу на максимально возможное оборотное водоснабжение.

Широкое распространение оборотных циклов в использовании воды для охлаждения с применением водохранилищ-охладителей, градирен и других сооружений ставит перед наукой задачу усовершенствования методики тепловых расчетов, а также моделирования процессов циркуляции воды и теплоотдачи в водохранилищах-охладителях. Представляет интерес влияние подогрева воды на фауну и флору прудов, что имеет значение для их зарастания и для разведения в них рыбы.

Важным профилактическим средством охраны водных ресурсов является правильное размещение промышленных предприятий и нового жилищного строительства с учетом наличия и состояния водных ресурсов. Эта проблема требует к себе пристального внимания со стороны планирующих проектных и научно-исследовательских организаций.

В качестве общего мероприятия целесообразно установление платы за водопользование, включая плату за забор воды и за сброс отработанных вод.

5-8

Гидротехнические сооружения водохозяйственного комплекса

Научные исследования в области проектирования и строительства гидротехнических сооружений комплексных гидроузлов должны быть направлены в основном на удешевление их строительной стоимости, повышение долговечности, упрощение и ускорение строительства сооружений и монтажа оборудования.

Характерной чертой отечественного гидротехнического строительства на современном этапе является последовательное освоение сложных гидротехнических сооружений и технологического оборудования. Эффективность строительства во многом зависит от прогрессивности принятых в проекте научно обоснованных конструкций сооружений и способов их осуществления.

Эта задача становится особенно актуальной в связи с развитием крупного гидроэнергетического и ирригационного строительства в районах, где преобладают скальные основания и где возможно достигнуть заметного удешевления строительной стоимости гидросооружений применением облегченных конструкций бетонных и железобетонных гидросооружений. В связи с этим необходимо усилить исследования, связанные с разработкой теории прочности сооружений, обеспечивающей полное использование прочностных свойств строительных материалов. Следует также усовершенствовать и разработать новые расчетные методы на базе теоретических и экспериментальных исследований, данных натурных наблюдений и установить физические и химические закономерности в процессах, протекающих внутри массива сооружений, находящихся под нагрузкой, в особенности при воздействии на них сейсмических и динамических нагрузок. В ближайшие годы необходимо закончить разработку прочностных и геотехнических методов расчетов гидросооружений по предельным состояниям, осуществить опытное проектирование и внедрить новые прогрессивные методы расчета для всех видов гидросооружений.

В связи с тем что горные районы Средней Азии и Кавказа, где будут сооружаться водохранилища и гидроузлы, подвержены сейсмическим явлениям, к возводимым здесь крупным гидротехническим сооружениям предъявляются специфические требования в отношении их сейсмостойкости. Чтобы надежно удовлетворить эти требования, необходимо совершенствовать экспериментально-теоретические расчеты и модельные исследования гидротехнических сооружений, главным образом высоких плотин различных типов, в отношении их прочности и сейсмостойкости. Не менее важно создание методики натурных сейсмологических исследований сооружений, с тем чтобы провести обследование построенных в сейсмических районах сооружений и наладить постоянные научные наблюдения за ними.

Весьма актуально изучение и создание новых видов гидротехнических бетонов и новых эффективных строительных материалов (пластмассовых, синтетических и других) для конструкций сооружений, работающих в тяжелых природных условиях, в частности в условиях резко пониженных температур и в зоне периодического омыwania бетона водой. При этом в процессе проведения исследований особое внимание следует уделять разработке технологических способов управления физико-техническими свойствами проектируемых бетонов, обеспечивающих получение необходимых характеристик их деформируемости, прочности и долговечности.

Представляет также интерес применение полимерных пленок в качестве материала для изоляционных и противофильтрационных устройств, износостойких против кавитации покрытий на основе эпоксидных смол и др.

В связи с резко возросшими напорами на плотины, их удельными сбросными расходами и скоростями сбросных потоков воды необходимо разработать новые конструкции и методы расчетов водосбросных сооружений с учетом явлений аэрации и кавитации. При этом особое внимание следует уделить выявлению надежных методов управления высокоскоростными потоками с целью ослабления интенсивности указанных процессов и предохранения сооружений и их оснований от размыва и разрушений.

Должна быть существенно усовершенствована методика и техника инженерно-геологических изысканий и исследований для определения расчетных показателей прочности, деформируемости, водопроницаемости и противофильтрационной устойчивости трещиноватых скальных оснований гидросооружений и разработаны наиболее эффективные методы их омоноличивания, в особенности в условиях деформируемых скальных оснований и в районах вечной мерзлоты.

При строительстве плотин из местных материалов в суровых климатических условиях большой практический интерес представляет внедрение новых типов противофильтрационных элементов плотин (ядер и экранов) из металла, асфальтобетона, полимерных пленок, а также инъекционных ядер (в теле самой плотины). Это особенно важно в тех случаях, когда для устройства ядер и экранов завоз глинистых и суглинистых грунтов к месту строительства затруднен, например, отдаленностью карьеров. Проводимые в настоящее время исследования показывают полную техническую надежность этих новых противофильтрационных устройств даже при значительных напорах. Перспективным является и новый метод возведения каменнонабросных плотин посредством направленных взрывов на выброс.

Обязательно для горных водохранилищ сооружение при них туннелей (подводящих, сбросных, строительных). Удешевление и ускорение туннельных работ и строительства подземных сооружений является одной из наиболее важных задач, которая должна разрешаться на базе применения скоростных методов проходки пород и создания новых конструкций этих сооружений.

Проведение в больших объемах гидротехнического строительства в области сельскохозяйственных мелиораций требует пристального внимания к разработке и внедрению совершенных и экономичных конструкций каналов и их покрытий, открытых и закрытых дренажных устройств, труб из полимерных материалов, разработке комплекса механизмов для производства массовых земляных работ.

Осуществление проектов комплексных гидроузлов на больших судоходных реках потребует изучения и разработки рациональных типов высоконапорных судопропускных сооружений и устройств (шлюзов, судоподъемников) для различных судов, в том числе и для скоростных малотоннажных судов (например, на подводных крыльях). Особое внимание при этом должно быть

уделено ускорению процессов прохода судов через судопропускные сооружения путем применения максимально возможной механизации и автоматизации работы этих сооружений и введения других прогрессивных мероприятий. Значительная роль в этой работе должна быть отведена испытаниям в лабораториях моделей разработанных конструкций и сооружений.

Строительство высоконапорных гидроузлов требует усовершенствования и разработки надежного гидроэнергетического и гидромеханического оборудования (на напоры до 300 м). Это является важнейшей задачей уже проводимых и предстоящих исследований и проектных проработок. В особенности это относится к созданию рациональных конструкций водосбросов и высоконапорных затворов плотин, резко удешевляющих стоимость сооружений возводимых гидроузлов.

Гидротехническое строительство характеризуется огромными объемами строительных работ и большими капитальными вложениями. Поэтому в предстоящих проектных проработках и научных исследованиях должно быть уделено особое внимание проблемам усовершенствования организации и производства строительно-монтажных работ по возведению гидротехнических сооружений, улучшению технологии и механизации земельно-скальных и бетонных работ с применением комплексов новейших специализированных строительных механизмов и транспортных средств большой производительности, работ по укреплению и цементации оснований, улучшению организации изготовления, поставки, монтажа и наладки технологического оборудования и, наконец, разработке научно обоснованных нормативов на производство гидротехнических работ, внедрению новых методов планирования и материального стимулирования в гидротехническое строительство.

* * *

*

Советская школа гидротехники, гидроэнергетики и использования водных ресурсов получила всемирное признание и по праву считается ведущей в широком проведении мероприятий по комплексному использованию водных ресурсов; в строительстве крупных гидротехнических сооружений на мягких грунтах, уникальных сооружений на скальных и вечномёрзлых грунтах в условиях сурового климата и многоводных рек Сибири; в создании крупных водохранилищ, оросительных систем и глубоководных транспортных путей большой протяженности; в создании и применении гидроагрегатов большой единичной мощности; в разработке оригинальных компоновок зданий ГЭС. По проектам советских инженеров, под их руководством и с помощью Советского Союза строятся в развивающихся странах Азии и Африки многие крупные гидротехнические сооружения, оказывается все-

мерная научная и техническая помощь в этом направлении странам социалистического содружества.

Проводимые в Советском Союзе в широких масштабах исследования в области гидротехники и водного хозяйства обеспечили технический прогресс в гидротехническом строительстве. Теперь в СССР научными исследованиями в области гидротехники, гидроэнергетики и комплексного использования водных ресурсов занимаются более 70 организаций и среди них Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники имени Б. Е. Веденеева (ВНИИГ), Всесоюзный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт Гидропроект имени С. Я. Жука, Энергетический институт имени Г. М. Кржижановского (ЭНИН), Тбилисский научно-исследовательский институт сооружений и гидроэнергетики имени А. В. Винтера (ТНИСГЭИ), Всесоюзный научно-исследовательский институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВНИИ ВОДГЕО), Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (ВНИИГиМ), Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации имени В. Д. Журина (САНИИРИ), Армянский научно-исследовательский институт водных проблем и гидротехники (АрмНИИВПиГ), Грузинский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ГрузНИИГиМ) и другие научно-исследовательские институты и учреждения.

Активно участвуют в решении сложных задач гидротехнического строительства научно-исследовательские институты Госстроя СССР, а также высшие учебные заведения: Московский инженерно-строительный институт имени В. В. Куйбышева (МИСИ), Ленинградский политехнический институт имени М. И. Калинина (ЛПИ), Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ), Московский энергетический институт (МЭИ), Ленинградский институт водного транспорта (ЛИВТ), Московский гидромелиоративный институт (МГМИ), Новочеркасский политехнический институт и др.

В исследованиях новейшего гидромеханического оборудования крупные работы выполняются Всесоюзным научно-исследовательским, конструкторским и технологическим институтом гидромашиностроения (ВНИИГидромаш), Центральным котлотурбинным институтом имени И. И. Ползунова (ЦКТИ), лабораториями ЛПИ, заводскими лабораториями.

В разработке научных проблем комплексного использования водных ресурсов и гидротехники большую помощь оказывают институты Академии наук СССР и союзных республик.

Для отечественной гидротехники характерна тесная связь науки с производством. С самого начала организации первых лабораторий и научных учреждений по водному хозяйству и гидротехнике и до настоящего времени советские инженеры — проектировщики и строители широко пользуются их помощью для

теоретической и экспериментальной проверки своих проектных разработок. Все крупные строительные объекты подвергаются всесторонним исследованиям. Из научно-экспериментальных работ можно отметить: исследования гидравлических явлений на крупномасштабных пространственных моделях гидроузлов; испытания больших моделей плотин и других сооружений на сдвиг для проверки прочности и деформируемости оснований; изучение на специальных моделях деформаций, напряжений и трещинообразования в теле бетонных и железобетонных сооружений и другие. Результаты таких исследований дают богатейший материал для оценки проектов гидротехнических сооружений, указывают пути к усовершенствованию конструкций и к удешевлению их стоимости.

В научно-исследовательских институтах разработано много новых высокоэффективных научных методов исследований, опубликованы многочисленные теоретические работы, позволяющие внедрить в практику проектирования и строительства новые методы расчетов и эффективные способы производства строительных работ.

Совместная работа научно-исследовательских, проектных и строительных организаций обеспечивает высокий технический и экономический эффект в практической отдаче гидротехнической науки производству. Этот эффект должен несоизмеримо возрасти при решении тех многочисленных и грандиозных по объему и сложности проблем и задач, которые выдвигает перед советскими специалистами развитие в СССР комплексного использования водных ресурсов в интересах всей страны, на благо советского человека.

Поэтому уже сейчас имеется настоятельная необходимость дальнейшего всемерного расширения научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ в стране по основным направлениям комплексного использования водных ресурсов, коренного улучшения координации этих работ с возможным пересмотром их организационных начал.

Литература

1. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мероприятиях по повышению эффективности работы научных организаций и ускорению использования в народном хозяйстве достижений науки», «Правда», 1968, 23 октября.
2. Непорожний П. С., Аскоченский А. Н., «Перспективы развития комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР», Материалы VII Мировой энергетической конференции, докл. 21, 1968.
3. Складнев М. Ф., Научные исследования в области гидротехники и гидроэнергетики в СССР, «Гидротехническое строительство», 1967, № 11.
4. Электрификация СССР, под общей редакцией П. С. Непорожного, изд-во «Энергия», 1970.

Приложение

Действующие гидроэлектростанции СССР мощностью 100 Мвт и более

Гидроэлектростанция	Река	Мощность, Мвт		Напор макси- мальный, м	Среднего- довая вы- работка электро- энергии, млн. кВт·ч
		проектная	установ- ленная		
Братская имени 50-ле- тия Великого Октября	Ангара	4 500	4 100	106	22 600
Бухтарминская	Иртыш	525	675 ²	68	2 200
Берхне-Свирская	Свирь	160	160	17	616
Верхне-Тулумская	Тулома	225	228	62	830
Вилуйская, I очередь	Вилуй	—	—	—	—
Волжская имени В. И. Ленина	Волга	2 100	2 300 ³	30	11 000
Волжская имени XXII съезда КПСС	Волга	2 563	2 541	27	11 100
Воткинская	Кама	1 000	1 000	23	2 320
Головная	Вахш	210	210	31,0	1 150
Горьковская	Волга	400	520 ³	17	1 513
Гюмушская	Раздан	224	224	297,2	870
Днепровская имени В. И. Ленина	Днепр	560	650	38,7	3 640
Днепродзержинская име- ни 50-летия Великой Ок- тябрьской социалистиче- ской революции	Днепр	352	352	15,5	1 250
Иркутская	Ангара	660	662,4	31	4 100
Кайраккумская «Друж- ба народов»	Сырдарья	126	126	24,5	688
Камская	Кама	504	504	21,0	1 700
Канакерская	Раздан	102	102	173,2	425
Каховская	Днепр	312	351 ³	16,5	1 410
Киевская	Днепр	326/350 ⁴	352,4	11,8	635
Князегубская	Ковда	—	—	—	—

[на конец 1970 г]

Объем водохранилища, млн. м ³		Количество, шт., и мощность, Мвт, агрегатов	Назначение гидроузла (кроме энергетики)	Сроки строительства		
полный	полезный			Начало	Ввод первого агрегата	Ввод на полную мощность
169 400	48 200	16×225 и 2×250	Т	1954	1961	1966 ¹
49 620	30 810	9×75	Т	1953	1960	1966
—	17 500*	4×40	Т	1947	1952	1952
11 520	3 860	4×57		1960	1964	1965
—	—	—		1960	1967	1969
58 000	34 600	20×115	Т И В	1950	1955	1957 ³
32 100	8 650	22×115 1×11	Т И В	1951	1958	1962
9 360	3 700	10×100	Т	1955	1961	1963
94,5	18	6×35	И	1956	1962	1963
8 700	2 800	8×65	Т В	1948	1955	1957
5,6	4,1	4×56	И	1947	1953	1953
3 330	840	9×72	Т В И	1927/1944	1932/1947	1939/1950**
2 450	—	8×44	Т В И	1956	1963	1964
—	46 400***	8×82,8		1950	1956	1958
4 106	2 605	6×21	И	1951	1956	1957
12 200	9 200	24×21	Т В	1948	1954	1957
—	—	4×12,5 и 2×26	И	1930	1936	1940
18 190	6 780	6×58,5	Т И В	1951	1955	1956
3 730	1 170	8×16,3 и 12×18,5	Т	1960	1965	1968
—	—			1951	1955	1956

Гидроэлектростанция	Река	Мощность, Мвт		Напор макси- мальный, м	Среднего- довая вы- работка электро- энергии, млн. квт·ч
		проектная	установ- ленная		
Кременчугская имени 50-летия Великой Ок- тябрьской социалистиче- ской революции	Днепр	625	625	17	1 506
Красноярская	Енисей	6 000	5 000	101	20 400
Куршавская № 2	Кубань-Ка- лаусский канал	184	184	123	602
Ладжанурская	Реки Цхе- нис-Цкали, Ладжанури и Риони	111,6	111,8	135	517
Лесогорская (Роухиала)	Вуокса	96	108	17,8	700
Мингечаурская	Кура	370	359	62	1 400
Нарвская	Нарва	125	125,1	25	702
Нивская III	Нива	—	—	—	—
Нижне-Свирская имени академика Г. О. Граф- тио	Свирь	100	109,1	13,4	513
Новосибирская	Обь	400	400,4	19,8	1 680
Павловская	Уфа	166,4	166,4	32,9	590
Плявиньская имени В. И. Ленина	Западная Двина	825	825	40	1 539
Рыбинская	Волга	330	330	18	1 100
Саратовская	Волга	1 290	1 290	15	5 400
Светогорская (Энсо)	Вуокса	96,5	100,5	17,8	682,5
Угличская	Волга	110	110	16	212
Усть-Каменогорская	Иртыш	332	331,2	41,8	1 580
Уч-Курганская	Нарын	180	180	36	820
Фархадская	Сырдарья	126	126	32,5	776
Храмская I	Храми	112,8	112,8	431,5	217
Храмская II	Храми	110	110	330	370
Цимлянская	Дон	164	204 ³	26,6	705
Чардаринская	Сырдарья	100	100	25	540

¹ На мощность 4 050 Мвт.

² Количество агрегатов увеличено с 7 до 9.

³ Мощность увеличена за счет перемаркировки агрегатов.

⁴ Уточнена мощность агрегатов.

⁵ На мощность 5 000 Мвт.

Объем водохранилища, млн. м ³		Количество, шт., и мощность, Мвт, агрегатов	Назначение гидроузла (кроме энергетики)	Сроки строительства		
полный	полезный			Начало	Ввод первого агрегата	Ввод на полную мощность
13 520	9 070	12×52,1	Т В И	1954	1959	1960
73 300	30 400	10×500	Т	1956	1967	1970 ^a
2	2	4×46	И	1961	1967	1969
22,4	15,4	3×37,28		1953	1960	1960
35	6	4×27		1934/1944	1937/1944	1937/1946 ^{**}
16 070	7 500	5×59,5 и 1×61,5	И Т В Р	1946	1953	1954
365	91	3×41,7	В	1950	1955	1955
—	—	—		1937	1949	1950
220	24	4×26,4 и 2×1,75	Т	1927	1933	1935
8 800	4 400	7×57,2	Т В	1950	1957	1959
1 410	895	4×41,6	Т Р	1949	1959	1960
509	143	10×82,5		1961	1965	1966
25 420	16 670	6×55	Т В	1935	1941	1950
12 900	—	21×57,2 и 2×45	Т И	1955	1967	1970
29	9,5	4×25		1937/1944	1945	1947
1 245	809	2×55	Т В	1935	1940	1941
650	70	4×82,8	Т	1939	1952	1959
52,5	20,9	4×45	И	1957	1961	1962
265	10	2×30 и 2×33	И В	1943	1948	1949
319	292	3×37,6		1945	1947	1949
0,27	0,24	2×55		1954	1963	1963
23 820	11 540	4×50 и 1×4	Т И В	1948	1952	1954
5 700	4 700	4×25	И	1958	1965	1966

* С учетом части объема Онежского озера, используемого в качестве полезной емкости водохранилища ГЭС.

** В знаменателе — сроки восстановления.

*** С учетом части объема оз. Байкал, используемого в качестве полезной емкости водохранилища ГЭС.

Условные обозначения: И — ирригация; В — водоснабжение; Т — водный транспорт; Р — регулирование в целях борьбы с наводнениями.

Строящиеся гидроэлектростанции СССР мощностью

Гидроэлектростанция	Река	Проектная мощность, Мвт	Напор максимальный, м	Среднегодовая выработка электроэнергии, млн. кВт·ч
Вилюйская, II очередь	Вилюй	—	—	—
Днепрогэс II (расшире- ние)	Днепр	828	38,7	500
Зейская	Зея	1 505	98,8	4 950
Ингурская	Ингури, Эрисцкали	1 300	410	4 330
Каневская	Днепр	420	15	823
Капчагайская	Или	434	46	1 163
Кегумская II (расшире- ние)	Западная Двина	192	14	184
Киевская (ГАЭС)	Днепр	225	73	112
Колымская	Колыма	—	—	—
Нижне-Камская	Кама	1 089	18,8	2 550
Нурекская	Вахш	2 700	275	11 200
Перепадная I	Эрисцкали	220	64,5	670
Рижская	Западная Двина	384	18	700
Саяно-Шушенская	Енисей	6 400	222	23 500
Серебрянская № 1	Воронья	—	—	—
Серебрянская № 2	Воронья	—	—	—
Татевская	Воротан	157,2	575,8	600
Токтогульская	Нарын	1 200	180	4 400
Усть-Илимская	Ангара	4 320	90	21 900
Хантайская	Хантайка	—	—	—
Чарвакская	Чирчик	600	150	2 000
Чебоксарская	Волга	1 404	18,9	3 280
Чиркейская	Сулак	1 000	206	2 470
Шамбская	Воротан	171	313,5	300

более 100 Мвт (на конец 1970 г.)

Объем водохранилища, млн. м³		Количество, шт., и мощность, Мвт, агрегатов	Назначение гидроузла (кроме энергетики)	Начало строительства
полный	полезный			
—	—	—		1970
—	—	8×103,5	Т	1969
68 420	38 260	7×215	Р	1964
1 100	675	5×260	Р	1961
2 620	330	24×17,5	Т	1963
28 100	6 600	4×108,5	Р И	1965
160	37	3×64		1970
4,6	4,1	3×41,5; 3×33,5		1963
—	—	—		1970
13 000	4 400	6×61,5; 16×45	Т	1963
10 500	4 500	9×300	ИБ	1961
150	5	3×73,3		1961
339	41	6×64	В	1966
31 300	15 300	10×640	Т	1963
—	—	—		1963
—	—	—		1967
13,6	1,8	3×52,4	И	1962
19 500	14 000	4×300	И	1962
59 400	2 800	18×240		1962
—	—	—		1963
2 006	1 580	4×150	ИБ	1963
14 200	5 700	18×78	ТВ	1968
2 780	1 320	4×250	И	1963
96	80	2×85,5	И	1967

Оглавление

Предисловие	5
Введение. Роль воды и водной энергии в развитии производительных сил общества	7
1	
Краткий очерк развития гидроэнергетики СССР	13
1-1. Предыстория гидроэнергетики	13
1-2. Гидроэнергетика в Ленинском плане ГОЭЛРО	17
1-3. Гидроэнергетика в годы восстановления и реконструкции народного хозяйства (1918—1927/28 гг.)	21
1-4. Гидроэнергетика в период первых пятилеток (1928/29—1940 гг.)	23
1-5. Гидроэнергетика в годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.)	29
1-6. Гидроэнергетика в годы послевоенных пятилеток (1946—1958 гг.)	30
1-7. Гидроэнергетика в годы семилетия (1959—1965 гг.) и последнего пятилетия (1966—1970 гг.)	40
1-8. Итоги развития гидроэнергетики	58
Литература	61
2	
Водные и гидроэнергетические ресурсы СССР	62
2-1. Водные ресурсы СССР	62
2-2. Гидроэнергетические ресурсы СССР	77
Литература	87
3	
Комплексное использование и охрана водных ресурсов	88
3-1. Общие принципы комплексного использования и охраны водных ресурсов	88
3-2. Современное состояние и перспективы развития основных отраслей водного хозяйства	96
3-3. Краткий обзор водохозяйственных балансов бассейнов крупных рек и основных мероприятий по покрытию перспективного водопотребления	123

3-4. Крупные водохозяйственные проблемы	139
3-5. Современное состояние качества водных ресурсов и проблема охраны водных источников от загрязнения и истощения	162
3-6. Основные направления комплексного использования водных ресурсов СССР	169
3-7. Экономическая оценка водохозяйственных мероприятий	183
Литература	206

4

Роль гидроэлектростанций в развитии энергетики	207
4-1. Современное состояние гидроэнергетики	207
4-2. Народнохозяйственное значение гидроэнергетического строительства	220
4-3. Покрывание пиков нагрузки	235
4-4. Экономическая основа гидроэнергетического строительства	255
Литература	290

5

Задачи науки в области комплексного использования водных ресурсов и гидроэнергетики	293
5-1. Комплексное использование водных ресурсов	295
5-2. Гидроэнергетика	297
5-3. Использование водных ресурсов для сельскохозяйственных мелиораций	299
5-4. Водоснабжение и канализация промышленности и населенных пунктов	300
5-5. Рыбное хозяйство	302
5-6. Территориальное перераспределение водных ресурсов	303
5-7. Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения	305
5-8. Гидротехнические сооружения водохозяйственного комплекса	306
Литература	311
Приложение	312

**ГИДРОЭНЕРГЕТИКА
И КОМПЛЕКСНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
СССР**

Под общей редакцией
доктора техн. наук,
профессора

П. С. НЕПОРОЖНЕГО

Редактор **А. Д. Смирнов**

Оформление художника **Е. В. Никитина**

Технический редактор **Л. М. Кузнецова**

Корректор **И. А. Володяева**

Сдано в набор 14/IX 1970 г.

Подписано к печати 11/XII 1970 г.

T-18720 Формат 60×90¹/₁₆

Бумага типографская № 1

Усл. печ. л. 20 Уч.-изд. л. 22,2

Тираж 3000 экз.

Цена 1 р. 42 коп. Зак 913

Издательство «Энергия».

Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография

Главполиграфпрома

Комитета по печати

при Совете Министров СССР

Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-6.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
74	28 снизу	сода	воды
146	19 »	3 000 м ³ /час	3 000 м ³ /сек
207	Табл. 4-1	млрд. квт·ч	по мощности
	2 строка снизу		
214	14 снизу	млрд. квар·ч	млн. квар·ч
279	Рис. 4-12, б	$\gamma=0,975$	$\gamma=0,915$
303	24 сверху	гидромеханического	гидробиологического