А.С. Березнер

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЧНОГО СТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РСФСР

Ленинград
Гидрометеоиздат
1985

551.49
Б48
4.5

УДК 556.18(470.1/.6)

Рецензент и отв. редактор д-р техн. наук Р. А. Нежиховский

В книге изложены результаты комплексного исследования проблем, связанных с реализацией одного из важных заданий Продовольственной программы СССР — осуществить строительство первого этапа переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги, каналов Волга—Дон, Ростов—Краснодар. Приводятся сведения об осуществленных и намечаемых проектах переброски стока в нашей стране и за рубежом, о природных условиях и экономике региона перераспределения стока. Излагаются принципы современного подхода к проектированию крупных водохозяйственных систем. Прогнозируются изменения водопотребления в бассейнах Каспийского и Азовского морей и определяются необходимые объемы и сроки подачи минимальных объемов воды с севера на юг.

Книга рассчитана на гидрологов, гидротехников, экологов, специалистов других областей науки, занимающихся вопросами территориального перераспределения стока и оценкой его влияния на окружающую среду.

A. S. Berezner. WATER TRANSFER IN THE EUROPEAN PART OF THE RSFSR.

The monograph offers the results of multidisciplinary investigations of the problems related to the realization of one of the important tasks of the USSR Food Program, i. e. implementation of the first step of partial water transfer from the European USSR northern rivers to the Volga, construction of the Volga—Don and the Rostov—Krasnodar canals. Certain information is presented in the book on the accomplished and proposed water transfer schemes in the USSR as well as in other countries, followed by the description of natural and economic conditions of the region where spatial redistribution of water is assumed. The main principles of the modern approach to feasibility studies of large water resources development schemes are then introduced. The future changes in water consumption in the basins of the Caspian and Azov Seas are forecasted and the schedule and minimum admissible volumes of water transfer from the North to the South are then determined.

The book is designed for hydrologists, civil engineers, land reclamationists, ecologists and other specialists dealing with research for water transfer projects and their impacts on the environment.

Александр Сергеевич Березнер

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ
ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ
РЕЧНОГО СТОКА
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ
РСФСР

Редактор З. М. Кожина. Художник Л. А. Унрод. Художественный редактор В. В. Быков. Технический редактор Г. В. Ивкова. Корректор А. В. Хюркес

ИБ № 1673

Сдано в набор 13.03.85. Подписано в печать 26.06.85. М-22434. Формат 60×90 1/16. Бум. тип. № 1. Литературная гарнитура. Печать высокая. Печ. л. 10. Кр.-отт. 10,25. Уч.-изд. л. 11,18. Тираж 1340 экз. Индекс ГЛ-10. Заказ № 94. Цена 1 р. 70 к. Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23.

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, г. Ленинград, Прачечный переулок, 6.

Б $\frac{1903030200-118}{069(02)-85}$ 24—85

© Гидрометеоиздат, 1985 г.

Ленинградский Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 195196 Малоохтинский пр., 98

33262

Введение

Рациональное отношение к природным ресурсам всегда было одним из основополагающих принципов советского общественного строя. Статья 18 Конституции СССР провозглашает: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды».

По мере внедрения в жизнь достижений научно-технической революции, роста объема общественного производства, повышения благосостояния советских людей все больше природных ресурсов вовлекается в сферу деятельности человека. Несмотря на то что наша страна занимает особое место в мире как по размерам территории, так и по наличию природных богатств, ограниченность многих из располагаемых ресурсов ощущается все острее. Среди них водные ресурсы занимают особое место как один из немногих видов природных богатств, используемый практически в любой сфере человеческой деятельности. Наиболее дефицитным видом водных ресурсов являются пресные воды. При этом объем возобновляемых запасов пресной воды, к которым прежде всего относится речной сток, рассматривается как наиболее общий показатель обеспеченности региона или страны водными ресурсами. По объему речного стока (свыше 4700 км^3 в средний по водности год [42]) СССР занимает второе место в мире. Однако территориальное распределение речного стока крайне неблагоприятно. На долю водосборных бассейнов южных морей СССР (Черного, Азовского, Каспийского и Аральского) приходится только 750 км^3/год воды, или 16 %, причем на их территории проживает 80 % населения страны, производится более 80 % промышленной и сельскохозяйственной продукции. Остальная часть водных ресурсов приходится на малообжитые районы севера и востока страны, где климатические условия затрудняют их интенсивное освоение.

Для Европейской части страны, и в частности для бассейнов Каспийского и Азовского морей, положение усугубляется необходимостью сохранения уникальных экологических систем этих водоемов. В естественных условиях средний многолетний приток воды

в Каспийское и Азовское моря составлял соответственно 303 и 41 км³/год. Интенсивное развитие народного хозяйства в бассейнах этих морей, где проживает около 39 % населения страны и производится примерно 40 % промышленной и сельскохозяйственной продукции СССР, привело к значительному безвозвратному расходованию речного стока — примерно 37 км³/год в современных условиях в бассейне Каспийского моря и 12 км³ в бассейне Азовского моря. Оставшийся приток в Каспийское море (266 км³/год) достаточен только для уравновешивания испарения с водной поверхности при современном уровне равновесия (около —28,5 м БС) и не оставляет резерва для дальнейшего наращивания отбора воды. Снижение уровня воды только на 1 м приведет к уменьшению потенциальных уловов наиболее ценных видов каспийской рыбы (в том числе осетровых) в три раза, а на 2 м — в шесть раз; значительные ущербы будут при этом нанесены также рекреационным учреждениям, морскому транспорту, портовым сооружениям, системам промышленного и коммунального водоснабжения и канализации, природным заповедникам и т. п. На Азовском море рост изъятий воды приведет к невозможности повышения его рыбопродуктивности, ухудшению рекреационных условий.

Таким образом, дальнейшее развитие водоемких производств в бассейнах Каспийского и Азовского морей вступает в противоречие с задачей сохранения природной ценности и хозяйственного значения этих водоемов, в связи с чем территория их бассейнов уже сейчас может рассматриваться как зона дефицита речного стока.

Когда в каком-либо районе возникает дефицит водных ресурсов, приходится обращаться к различным водохозяйственным мероприятиям. При этом последовательность их реализации определяется, с одной стороны, экономическими показателями, а с другой стороны, их «экологической чистотой», иными словами, степенью побочного влияния на окружающую среду. В настоящей работе показано, что приоритет в этом случае всегда отдается мероприятиям по экономии воды и рациональному использованию местных водных источников. Сохранившийся после реализации указанных мероприятий дефицит воды чаще всего устраняется межбассейновым перераспределением речного стока. Обращение к переброске стока только тогда и в таких объемах, когда все менее дорогостоящие и характеризующиеся меньшим воздействием на окружающую среду средства уже использованы или предусмотрены к реализации — таков основной принцип, на который опирается данная работа.

Проектные проработки и исследования, которые в течение более 25 лет проводились вначале институтами Минэнерго, а затем Минводхоза, Академии наук СССР, Госкомгидромета и других ведомств (в которых в последние 15 лет принимал участие автор), позволили достаточно ясно представить цели перераспределения речного стока Европейской части РСФСР, пути их достижения и возможные альтернативы. Подача части стока северных рек в бассейн р. Волги

позволит продолжить развитие нуждающихся в воде отраслей народного хозяйства (промышленность, водоснабжение городов и сел, орошаемое земледелие) без разрушения уникальных экологических систем Каспийского и Азовского морей, при минимальных ущербах на севере (в десятки раз меньших, чем ожидаемые потери на юге от непринятия мер). При этом переброска назначается в минимальном объеме при условии одновременного осуществления полного комплекса мероприятий по строжайшей экономии воды в зоне ее использования.

Этому решению можно противопоставить две альтернативы.

Первая альтернатива — прекратить дальнейшее развитие орошения на юге Европейской части России (Поволжье, Центрально-Черноземный район, Северный Кавказ), т. е. как раз там, где сосредоточено 80 % поливных земель РСФСР. Исследованиями ученых-специалистов сельского хозяйства убедительно показана несостоятельность такого предложения. Устойчивое ведение сельскохозяйственного производства в этой зоне без определенной доли поливных земель невозможно. Развитие орошения в перечисленных районах успешно осуществляется и будет продолжаться в соответствии с Продовольственной программой СССР и Долговременной программой мелиорации земель в целях устойчивого наращивания продовольственного фонда страны, одобренных майским (1982 года) и октябрьским (1984 года) Пленумами ЦК КПСС.

Вторая альтернатива — допустить снижение уровня Каспийского моря и повышение солености Азовского моря, что приведет к потере рыбохозяйственной и рекреационной ценности этих водоемов и повлечет за собой экологические потери, во много раз превышающие уже наблюдаемые отрицательные явления на Аральском море и оз. Севан. Кратковременное повышение уровня Каспийского моря за ряд многоводных лет (1978—1985 гг.) не может изменить общую оценку ситуации. Наблюдения, которые ведутся за водным балансом Каспийского моря уже около 150 лет, показывают, что такие периоды всегда сменялись маловодными годами, когда уровень моря понижался. Если не принимать мер по компенсации роста водопотребления водой северных рек, то естественные колебания уровня моря будут происходить около все более и более низкого его среднего положения, и наносимые этим ущербы в конце концов достигнут недопустимой величины. Но к тому моменту, когда эти ущербы проявятся, уже не будет времени для выправления положения, так как на проектирование и строительство систем перераспределения водных ресурсов потребуется 10—15 лет.

Автор выражает глубокую благодарность ведущим специалистам и ученым Минводхоза, Минэнерго, Госкомгидромета, Академии наук СССР, оказавшим неоценимую помощь в работе над проблемой. Особая признательность выражается М. И. Львовичу, Р. А. Нежиховскому, Д. Я. Ратковичу и И. А. Шикломанову, Г. Л. Саруханову и Н. Н. Яковлеву за ценные советы, высказанные при подготовке рукописи к печати.

1. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕЧНОГО СТОКА

1.1. Краткий обзор мирового опыта территориального перераспределения речного стока

Под системой переброски стока обычно понимается комплекс гидротехнических и других сооружений, обеспечивающих забор воды из одного источника и подачу ее через водораздел в соседний или отдаленный водосбор. В зависимости от географических особенностей территории и расстояний, на которые подается вода, системы переброски можно разделить на три категории:

— внутрибассейновые, или локальные, когда система переброски не выходит за пределы бассейна данной реки, имеющей самостоятельный выход в море, океан или внутренний водоем. Типичными примерами внутрибассейновых перебросок являются каналы Волга—Москва (канал имени Москвы), Северский Донец—Донбасс;

— межбассейновые, связывающие бассейны рек, имеющих самостоятельный выход в море, океан или внутренний водоем. К каналам такого типа можно отнести Северо-Крымский, Каховский, Каракумский, намеченные каналы Волга—Дон, Дунай—Днепр;

— межрегиональные, или межзональные, связывающие речные системы, относящиеся к различным физико-географическим регионам. К ним относятся намечаемые переброски части стока северных рек Европейской части РСФСР в бассейн р. Волги и сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан.

Помимо классификации по территориальному признаку, системы переброски стока целесообразно еще разделить по масштабу вовлекаемых водных ресурсов. Основным критерием в этом случае должен служить средний годовой объем переброски. В первом приближении к малым переброскам можно отнести комплексы с годовым объемом перебрасываемого стока до 1 км^3, к средним — от 1 до 5 км^3, к крупным — свыше 5 км^3. Водосток, из которого изымается часть стока, обычно именуется донором, а река, в которую добавляется сток, — реципиентом.

Среди широких кругов населения давно распространено ошибочное мнение, будто бы переброски стока характерны только для последних десятилетий нынешнего века. На самом деле это далеко не так. В странах аридной зоны археологами обнаружены следы систем межбассейновой переброски воды по каналам и тоннелям, проложенным тысячелетия назад для нужд орошения. Примером могут служить каналы Средней Азии, Месопотамии,

Шри-Ланка, Индии, Китая, каналы и тоннели Армении. Межбассейновые каналы для нужд судоходства уже 100—200 лет и более действуют в Европе — на территории Германии, Голландии, России (Волго-Балтийский водный путь, Северо-Двинский канал и др.). Конечно, трассы и параметры этих систем отражают ограниченные технические возможности тех времен.

Большинство сооружений древнейших перебросок расположено в районах, где водоразделы между бассейнами соседних рек слабо выражены и где их можно или пройти каналом, проложенным по горизонтали, или прорезать сравнительно небольшими выемками. Существенным ограничением для развития систем межбассейновой транспортировки в то время являлось отсутствие средств машинного подъема воды и неразвитость плотиностроения. Эти ограничения в основном были сняты в начале нынешнего века.

Развитие работ по территориальному перераспределению водных ресурсов, или, как его чаще упрощенно называют, переброске стока, характерно для многих стран мира, специфика физико-географических и экономико-географических условий которых выражается, с одной стороны, в неблагоприятном естественном распределении водных ресурсов по территории, а с другой, в наличии технико-экономических возможностей осуществления такого перераспределения и отсутствии серьезных экологических ограничений. При этом время осуществления той или иной переброски определяется сроком исчерпания местных водных ресурсов и отсутствием каких-либо альтернативных решений. К таким решениям относятся: получение того же объема и ассортимента продукции в менее водоемких производствах, повышение коэффициента полезного действия (к. п. д.) использования местного стока, регулирование стока водохранилищами, сработка (в допустимых по экологическим ограничениям пределах) уровня подземных вод, отсечение непродуктивных испаряющих мелководий на водохранилищах и внутренних водоемах. Более подробно этот вопрос рассмотрен в гл. 3.

Следует отметить, что подходящие условия для перебросок стока имеются не во всех районах земного шара. В некоторых странах, особенно имеющих относительно малую площадь, практически вся территория относится либо к засушливой, либо к избыточно увлажненной зоне. Необходимость в крупных межбассейновых, а тем более межрегиональных переброскаx возникает, как правило, в странах с большой территорией; в частности, к странам, в той или иной степени нуждающимся в крупномасштабном территориальном перераспределении водных ресурсов, относятся СССР, Канада, США, Китай, Мексика, Индия, Пакистан, Австралия и др.

Первое место в мире по общему объему ежегодно перебрасываемой воды (141 км^3) занимает Канада — страна, во многом сходная по физико-географическим условиям с СССР [143]. Большинство осуществленных (как и намечаемых) проектов при-

урочено к малонаселенным районам и имеет целью получение электроэнергии. Системы переброски характеризуются относительно короткими (по нескольку десятков километров) каналами между соседними разветвленными озерно-речными системами. Из строящихся систем переброски наиболее крупными являются проекты Джеймс—Бей и Черчилл. В частности, система Джеймс—Бей предусматривает переброску ежегодно 25 км^3 воды в верховья р. Ла-Гранд (бассейн залива Джеймс), куда будет подаваться практически весь сток верховьев р. Канаипсо. Мощность четырех ГЭС на базе этой переброски к 1987 г. достигнет 11,4 млн. кВт. Система Черчилл, начавшая действовать в 1967 г., рассчитана на отвод примерно 80 % стока р. Черчилл (бассейн Гудзонова залива) в р. Бернтвуд, сток которой увеличился с 3 до 28 км^3/год (объем переброски 25 км^3/год). Мощность семи ГЭС системы составляет 6,6 млн. кВт [117].

В восточных штатах США, где количество выпадающих атмосферных осадков является практически оптимальным для выращивания большинства сельскохозяйственных культур и поэтому потребность в воде для орошения весьма невелика, переброска стока осуществлялась вначале исключительно для целей водоснабжения. С 1842 по 1904 г. была осуществлена локальная переброска части стока р. Кротен для водоснабжения Нью-Йорка протяженностью 250 км, в 1915—1924 гг. к ней добавилась система Кэтскилл с каналом длиной 400 км, вместе они подают городу 1,21 км^3 воды в год. После 1936 г. была построена межбассейновая система переброски из р. Делавэр к Нью-Йорку с отдачей 1,3 км^3/год.

Первой из осуществленных на западе США систем переброски был построенный в 1913 г. Лос-Анджелесский водовод длиной 300 км для подачи к Лос-Анджелесу 0,58 км^3 воды в год из долины Оуэнс. В 1928 г. осуществлено строительство водовода (канала) протяженностью 400 км из р. Колорадо в район прибрежных земель юга штата Калифорния с объемом переброски 1,5 км^3/год. В 1935 г. Бюро мелиорации начало строительство системы «Центральная долина» — переброска 3,4 км^3/год из рек севера штата Калифорния по каналу длиной 600 км до долины р. Сан-Хоакин. Вторая очередь этой переброски с годовым объемом 5,2 км^3 включает подачу воды до г. Лос-Анджелеса. Вода, подаваемая городу (около 2,5 км^3/год), проходит путь 800 км с подъемом на 610 м [129].

В 60-х годах в США широко обсуждались предложения о межрегиональных перебросках воды на запад страны с целью водообеспечения наиболее засушливых (и одновременно обладающих наиболее плодородными землями) штатов Калифорния и Аризона. Некоторые из этих проектов касались перебросок воды внутри США — из р. Колумбия и ее самого крупного притока р. Снейк, протекающих в богатых водой штатах Вашингтон, Айдахо и Орегон. Известно четыре таких проекта: 1) Миллера (Сьерра Каскад, 1965 г. — из низовий р. Колумбия до р. Колорадо), 2) Пирки

(Западный водный проект, 1964 г. — трасса близкая к предложению Миллера), 3) Дана (уточненная трасса Снейк—Колорадо, 1965 г. с водозабором из среднего течения р. Снейк), 4) Нельсона (Снейк—Колорадо, 1963 г., водозабор в верховьях р. Снейк). Объем переброски намечался от 3 до 18 км³/год [137]. В других проектах предлагалась подача воды из Канады в юго-западные штаты США или из Аляски через Канаду в США. Эти предложения получили наименование NAWAPA — Северо-Американский водноэнергетический альянс.

Система переброски [128], рассчитанная на подачу к 2000 г. до 120 км³/год, включала в себя 370 гидросооружений, в том числе одну плотину Купер Ривер высотой 520 м, шесть плотин выше 457 м, 10 800 км каналов и 2900 км тоннелей. ГЭС переброски должны были иметь мощность 110 млн. кВт, что примерно равно $^1/_4$ мощности всех электростанций Северной Америки в 1970 г. Выработка электроэнергии составила бы около 880 млрд. кВт. ч/год, из которых 263 млрд. кВт. ч/год требовалось на подъем воды до отметки 1000 м абс. Затраты на строительство определялись в ценах 60-х годов в 80—100 млрд. долларов.

Из региональных проектов, помимо упомянутых ранее перебросок из бассейна р. Колумбия, широко изучалось предложение о переброске вод с востока в засушливые штаты Техас и Нью-Мексико [129], где интенсивное использование на орошение подземных вод привело к снижению их уровня на десятки метров. По одному из вариантов предлагалось подать 6 км³ воды в год из низовьев р. Миссисипи по каналу протяженностью 1300 км с водоподъемом 1200 м.

Другой вариант с меньшим подъемом воды предусматривал переброску из рек штата Арканзас.

После весьма активного обсуждения перечисленных проектов в США в 60-х годах последующий период (70-е годы) характеризовался резким снижением интереса к ним. Основную роль в этом сыграли три обстоятельства:

— отсутствие ощутимой потребности в таких грандиозных перебросках, поскольку климат большей части территории США на редкость благоприятен для выращивания различных культур, в связи с чем в США в настоящее время сельскохозяйственной продукции производится больше национальных потребностей, а около одной трети ее идет на экспорт. Из-за ограниченности внешнего рынка (при нежелании предпринимателей снижать цены) рост производства в более плодородных засушливых районах на базе переброски привел бы к сокращению обрабатываемых площадей в других районах, что резко снижает общенациональную эффективность;

— крайне неблагоприятные природные условия для осуществления переброски в конкретных географических условиях США, требующие строительства каналов протяженностью около 1000 км даже для региональных проектов (Техас) и порядка 3000—4000 км межрегиональных, к тому же с высотой подъема

(что весьма важно в условиях энергетического кризиса) до 1000—1200 м;

— большие затруднения в преодолении междуштатных и даже межгосударственных (США—Канада) разногласий.

Специальный семинар по проблемам межрегиональной переброски вод, созванный в октябре 1977 г. в Международном институте прикладного системного анализа (Австрия), пришел к заключению, что «в США крупные проекты межрегиональной переброски стока вряд ли будут осуществлены в ближайшем будущем, по крайней мере в течение следующих двух десятилетий» [134]. И тем не менее, учитывая, что в перспективе условия международного разделения труда могут существенно измениться, нельзя считать вопрос о крупномасштабных перебросках вод на североамериканском континенте окончательно решенным.

Крупные системы переброски действуют в Индии [142] уже в течение пяти веков — это каналы Западная Джамна и Агра, подающие воду рек Гималаев в штаты Пенджаб, Уттар—Прадеш и Раджастхан. В прошлом веке построены каналы переброски вод из рек Ганг, Годавари и Кришна, пересекающие много невысоких водоразделов, однако эти системы малы по сравнению с современными. Сейчас строится канал Раджастхан протяженностью 470 км для орошения 1,2 млн. га в северной Индии. Стоимость строительства канала 5 млрд. рупий (в ценах 1977 г.), ежегодно в зоне канала вводится в действие около 80 тыс. га новых орошаемых земель. Система готова на 50 %. Другая крупная строящаяся система — Сарда—Сахаяк в штате Уттар-Прадеша (северная Индия). Вода из р. Гадра перебрасывается в долину р. Ганг. Водозабор формируется двумя барражами с соединительным каналом на расход 480 м^3/с и подпитывающим каналом длиной 260 км, подающим воду в существующую оросительную сеть (площадь 1,6 млн. га). Проект стоимостью 2 млрд. рупий реализован на 80 %, и уже около 400 тыс. га получили дополнительную воду для орошения.

В Индии осуществлены также переброски Бхакра—Нангал (водообеспечение 1,6 млн. га орошаемых земель), Нагаржунасагар (800 тыс. га), Тунгабхадра (400 тыс. га). Отмечается положительное влияние этих систем на окружающую среду (в частности, на солевой режим в устьях рек-реципиентов) в дополнение к их огромному экономическому и социальному эффекту. Среди возможных будущих межбассейновых перебросок можно назвать соединение бассейнов рек Годавари—Кришна—Пеннер; верхний канал Нармада (расход 420 м^3/с, длина 970 км, площадь орошения 2,3 млн. га); насосная подача воды из рек Ганг и Джамна в южную зону бассейнов; соединение Брахмапутра—Ганг.

Актуальна проблема территориального перераспределения стока и для Мексики. На долю юго-востока страны приходится 15 % территории, 12 % населения и 42 % водных ресурсов, на север же и центр страны — 36 % территории, 60 % населения и только 4 % речного стока. В 1975 г. разработан Национальный водный план, где

предусмотрено увеличение орошаемых площадей с 5 млн. га в 1975 г. до 10 млн. га в 2000 г. [132]. Намечается, в частности, построить канал переброски от р. Сантъяго на северо-западе страны вдоль побережья Тихого океана до района Хермосилло протяженностью 1500 км с шестью плотинами. Канал позволит оросить около 1 млн. га земель, получить 3,65 млрд. кВт·ч/год электроэнергии и зарегулировать паводки, вызывающие разрушения и затапливающие посевы на большой территории.

Интересный комплекс межрегиональной переброски стока построен в Австралии [16]. Источником переброски выбрана р. Сноуи (средний многолетний сток 2,4 км³/год), протекающая в узком ущелье по склонам Большого водораздельного хребта и впадающая в Тихий океан. Вода подается в бассейн наиболее крупной реки континента — Муррей и ее самого большого притока — Маррамбиджи. Объем переброски 1,13 км³/год (до 75 % стока в створе водозабора). Капитальные затраты составляют 800 млн. долларов, строительство осуществлено в 1951—1974 гг. и к моменту завершения полностью окупило себя выработкой электроэнергии (5 млрд·кВт·ч/год), так что вода для орошения подается бесплатно.

В 1982 г. Госсоветом КНР принято решение о строительстве канала межбассейновой подачи воды протяженностью около 2000 км (утвержден его восточный вариант). Рекой-донором является самая полноводная река Китая — Янцзы. Вода будет подана на север в бассейны рек Хуайхэ и Хуанхэ; канал намечено довести до г. Тяньцзиня. Объем подачи воды в маловодный год 30 км³, в средний год 14 км³. Расчетная стоимость строительства 20—25 млрд. юаней. Характерно, что при обосновании проекта выполнен большой объем экологических исследований [145].

Международный семинар по проблемам межрегиональной переброски вод (Австрия, 1977 г.), отметив неперспективность крупных систем перераспределения стока в США в ближайшие два десятилетия, пришел в то же время к выводу, что в определенных природных условиях (таких как, например, в Советском Союзе, Индии, Мексике) переброски стока представляются вполне целесообразными [134].

1.2. Действующие системы территориального перераспределения стока в СССР

Строительство средних и крупных систем локальной и межбассейновой переброски стока в СССР развернулось уже в первой половине текущего столетия. В Средней Азии еще в довоенное время (1939 г.) построен Большой Ферганский канал, по объему переброски один из крупнейших для своего времени. Первенцем переброски стока в зоне умеренного климата нашей страны явился канал им. Москвы, строительство которого было завершено в 1937 г. Система включает Иваньковское водохранилище на

ТАБЛИЦА 1

Крупные и средние действующие системы межбассейновой и локальной переброски стока в СССР

Наименование рек (донор—реципиент)	Наименование канала	Протяженность, км	Объем переброски, км³/год	Главные водопользователи					Год ввода в действие
				промышленность	коммунальное хозяйство	орошение	судоходство	гидроэнергетика	
Европейская часть СССР									
Волга—Москва	им. Москвы	128	2,3	+	+		+	+	1937
Днепр—Северский Донец	Днепр—Донбасс	263	1,2	+	+	+			1975
Днепр—Азовское море	Каховский	125	2,5			+			1970
Днепр—степи Крыма	Северо-Крымский	400	8,2			+			1963
Самур—междуречье Самура и Куры	Самур-Апшеронский	250	1,7	+		+			1957
Кубань—Калаус	Большой Ставропольский	160				+			
Кубань—Егорлык	Невинномысский	50	1,9			+		+	1948
Дон—Сал—Маныч	Донской магистральный	110	1,0			+			1958
Терек—Кума	Терско-Кумский	150	2,7			+			1961
Азиатская часть СССР									
Амударья—Мургаб—Теджен—Узбой	Каракумский	1100	7,8			+	+		1966
Нарын—Сырдарья	Большой Ферганский	350	6,0			+			1939
Иртыш—Нура	Иртыш—Караганда	460	2,2	+	+				1972
Амударья—Зеравшан	Аму-Бухарский	234	1,5			+			1975
Амударья—Кашкадарья	Каршинский	165	2,0			+			1973
Вахш—Пяндж	Вахшский магистральный	100	1,5			+		+	1933

р. Волге, ниже которого в период межени подаются только санитарные расходы воды; канал протяженностью 128 км с подъемом воды на высоту 38 м, обеспечивающий водоснабжение столичного промышленного узла и судоходную связь Москвы с Единой глубоководной системой Европейской части СССР. Этот канал успешно функционирует уже 48 лет и является примером водного комплекса, органически вписавшегося в окружающую среду.

Основные показатели крупных и средних каналов межбассейновой и внутрибассейновой (локальной) переброски стока, действующих в настоящее время в СССР (с учетом данных [47, 135]), представлены в табл. 1. Суммарный объем территориального перераспределения стока в стране в системах всех категорий достигает в настоящее время 60 км^3/год.

1.3. Первые предложения о переброске части стока северных рек в бассейн р. Волги

Водные соединения между реками севера и юга Европейской части России для нужд судоходства намечались и осуществлялись начиная с XVIII в. Достаточно назвать Вышневолоцкую водную систему, соединившую р. Мсту с р. Тверцой, Мариинский и Северо-Двинский каналы, Северо-Екатерининский канал на водоразделе рек Вычегды и Камы. Однако потребность в строительстве водных соединений для переброски части стока в Европейской части страны не ощущалась примерно до второй половины 20-х годов. Именно в эти годы в рамках перспектив развития энергетики, очерченных в плане ГОЭЛРО, специально созданными организациями (в частности, Нижневолгопроектом) началось детальное изучение возможности использования водных ресурсов р. Волги для получения электроэнергии и орошения земель. В ходе проработок по схеме будущего Волжско-Камского каскада впервые возник вопрос о влиянии безвозвратных изъятий воды из р. Волги (вследствие испарения с поверхности водохранилищ и орошения земель) на водный баланс Каспийского моря. И именно тогда появились предложения о компенсации этих изъятий водой рек севера ЕТС, подача которой в р. Волгу одновременно увеличит выработку электроэнергии каскада волжских и камских ГЭС.

В 1927 г. Е. Г. Иогансон предложил схему использования водных ресурсов рек Печоры, Вычегды и Камы в транспортно-энергетических целях с переброской части стока рек Печоры и Вычегды в р. Каму через объединенное водораздельное водохранилище [96].

Результаты исследований институтов АН СССР, различных министерств и ведомств и проработок проектных институтов по проблеме «Социалистической реконструкции и освоения Волго-Каспийского бассейна» были рассмотрены на специальной сессии Академии наук СССР в ноябре 1933 г. Г. М. Кржижановским были сформулированы принципы территориального перераспределения

водных ресурсов Европейской части РСФСР, не потерявшие своего значения и до настоящего времени [68]:

— проблема снижения уровня Каспийского моря возникает главным образом в связи с необходимостью широкого развития орошения в бассейне р. Волги, без которого в этом районе не добиться общей устойчивости сельского хозяйства;

— пополнение Каспийского моря водой северных рек рассматривается как природоохранное мероприятие;

— из отдаленных последствий глубокого снижения уровня Каспийского моря опасным является более регулярное проникновение суховеев из южной Азии на Северный Кавказ и Украину;

— затраты больших средств на охрану природы, на сохранение ее из поколения в поколение свойственны именно социалистическому общественному строю.

На упомянутой сессии был заслушан доклад Г. К. Ризенкампфа «Техническая схема реконструкции Волги» [108], где для покрытия дефицита стока в бассейне Каспийского моря, ожидаемого через 15 лет, намечалось перебрасывать из северных рек (Онеги, Сухоны, Вычегды и Печоры) 17,5 км^3 воды в год. Отмечая общность водораздела рек севера ЕТС с Волгой и Камой, докладчик разделил объекты изъятия стока на две группы: западную (Онега и Сухона) и восточную (Вычегда и Печора). Объем переброски из рек западной группы был намечен 9 км^3/год, из восточной — 8,5 км^3/год (что почти совпадает с современными предложениями по первой очереди переброски). К моменту доклада на сессии считались изученными предложения по переброске 7,7 км^3/год с запада и 6 км^3/год с востока. Переброски западного направления включали в себя подачу воды из озер Лача, Воже и Белого в Кубенское, строительство плотины на р. Сухоне у г. Тотьмы и переброску в р. Волгу из подпорного бьефа р. Сухоны через водораздельную выемку и р. Шексну или р. Кострому.

В докладе В. Д. Никольского [95] приведены детали технических решений. Подачу воды из озер Лача и Воже предлагалось осуществить путем строительства плотины у г. Каргополя — одной на оба озера с отметкой верхнего бьефа 125—126 м БС и затоплением 134 тыс. га земель (в т. ч. 2 тыс. га сельскохозяйственных угодий). Объем переброски 3 км^3/год плюс 1,3 км^3/год из р. Волошки. Воже-Кубенское соединение планировалось через реки Вондонгу и Уфтюгу. Из оз. Кубенское намечалось взять 3,9 км^3/год, а всего 8 км^3/год. Переброска в р. Волгу рассматривалась в трех вариантах — через реки Шексну, Вологду и Кострому.

Переброска из р. Печоры в р. Каму рассматривалась в двух вариантах: 1) с плотиной у с. Якша с НПУ=150 м БС и объемом изъятия стока 2,0—2,5 км^3/год; 2) с плотиной ниже устья р. Илыч с отъемом 6 км^3/год. На южном склоне намечалась плотина в верховьях р. Колвы высотой 40 м. Из р. Вычегды переброска предлагалась с помощью плотины у устья р. Кельтмы. Вместе с подачей воды из бассейна р. Мезени предполагалось довести объем переброски по восточному направлению до 15 км^3/год.

В. Д. Никольский обращал внимание на опасность нанесения ущерба судоходству на северных реках при переброске и предлагал часть аккумулируемой в водохранилищах воды (около $^1/_4$ стока) сбрасывать в период навигации на северный склон. Если этого недостаточно, рекомендовалось прибегнуть к шлюзованию. Общий объем возможных перебросок с севера ЕТС Никольский оценивал в 35 км^3/год. Кроме того, предлагалось устройство каскада Демянских и Верхнемстинских ГЭС [36], что требовало переброски из р. Волги 2,3 км^2/год воды в бассейн р. Невы. При этом автор предложения Ф. С. Воеводский отмечал широкую оппозицию этому мероприятию, проходившую под девизом «ни одного стакана воды из р. Волги».

На ноябрьской (1933 г.) сессии АН СССР переброска стока с севера определена как неотъемлемая часть системы регулирования водного режима р. Волги и Каспийского моря; переброска вод из озер Лача, Воже, Кубенского и Белого отнесена к первой очереди работ, из рек Печоры и Вычегды — ко второй. Одновременно отмечено, что «при осуществлении этих мероприятий должны быть обеспечены также и интересы народного хозяйства севера, главным образом в отношении речного транспорта, энергетики и сплава, посредством мелиоративных мероприятий частичного зарегулирования их и шлюзования некоторых северных рек. Поэтому в связи с работами первой очереди по северному питанию к числу их надлежит отнести также намеченные работы по шлюзованию р. Сухоны, улучшению сплава на р. Онеге, использованию гидроэнергии на реках Онеге и Сухоне, устройству регулирующих водохранилищ на реках Печоре и Вычегде с ее притоками» [99].

В конце 30-х годов в соответствии с принятыми правительством решениями началось строительство водохранилищ на Верхней Волге. Война задержала эти работы. Лишь после восстановления разрушенного войной хозяйства страна смогла приступить к продолжению работ по реализации программы зарегулирования стока Волги, и на 50-е годы приходится пик этой деятельности.

Рассмотрим проблему пополнения водного баланса Каспийского моря, уровень которого снизился на 1,5 м в результате климатической аномалии 1933—1940 гг. и на 0,5 м вследствие последующего заполнения волжских водохранилищ. Однако масштабы и успехи гидростроительства 50-х годов несколько сдвинули критерии оценки путей решения этой проблемы. Появилось стремление к максимизации объемов переброски, достижению эффекта самотечной подачи воды через водораздел за счет увеличения площади затопления, отстаивался приоритет энергетики в системе целей межбассейнового перераспределения стока, в то время как ущербам в зоне изъятия стока уделялось меньшее внимание. Одной из обобщающих работ этого периода является статья Г. В. Дмитриева, занимавшегося проблемой переброски еще с 30-х годов [53]. В ней предлагалось создание объединенного Камско-Вычегодско-Печорского водохранилища с отметкой НПУ=127 м БС с плотинами Усть-Войской на р. Печоре, Усть-Куломской на

р. Вычегде и Соликамской на р. Каме, общей площадью водного зеркала 15 900 км^2; объем переброски из р. Печоры 32,1 км^3/год, из р. Вычегды 7,6 км^3/год, всего 39,7 км^3/год. Общие затраты определялись в 9,35 млрд. руб (в масштабе цен 1950 г.), в том числе в мероприятия по подготовке ложа водохранилищ намечалось вложить 1,71 млрд. руб, в мероприятия по лесозаготовкам — 1,64 млрд. руб. В перспективе к объединенному водохранилищу намечалось присоединить системы переброски из бассейнов рек Вычегды, Северной Двины и Печоры еще на 22 км^3/год. Одновременно с переброской из объединенного Камско-Вычегодско-Печорского водохранилища предлагалась переброска из р. Сухоны и Кубенского озера в Шекснинское водохранилище с созданием Юго-Сухонского водохранилища с отметкой НПУ=108÷108,5 м БС. Объем переброски намечался 18,8 км^3/год при капиталовложениях 3,24 млрд. руб. Излагалось также предложение о подсоединении к этой системе переброски из рек Вычегды и Печоры с суммарным объемом до 59 км^3/год. Рекомендован же к осуществлению лишь вариант Камско-Вычегодско-Печорского водохранилища. Объем переброски определялся только из условия получения максимума гидроэлектроэнергии.

В начале 70-х годов к предложениям по подаче в р. Волгу воды из рек запада и востока Европейской части СССР прибавились варианты подпитывания водой р. Оби [39]. Техническая характеристика этих вариантов приведена в п. 6.1.4. Характерно, что они возникли при параллельной разработке предложений к проекту переброски части стока сибирских рек Оби и Енисея в Среднюю Азию и Казахстан. В этой связи целесообразно привести для сравнения некоторые данные об указанном проекте, который в принятом варианте предусматривает подачу сибирской воды в бассейны рек Сырдарьи и Амударьи без выхода в Европейскую часть СССР.

Объем первой очереди переброски, которую намечается осуществить до 2000 г., составляет 25—27 км^3/год. Водозабор из р. Оби намечается в районе с. Белогорья, непосредственно ниже впадения в нее р. Иртыша, далее трасса пройдет «антирекой» по руслу р. Иртыша до г. Тобольска (650 км), или каналом по левому берегу реки. От г. Тобольска, где намечается сравнительно небольшое водохранилище, канал с расходом 1150 м^3/с летом и 600 м^3/с зимой пройдет через Тургайский водораздел с выходом к р. Сырдарье, пересечет ее в 250 км от устья и выйдет к р. Амударье между Ташаузским и Тюямуюнским гидроузлами. Протяженность трассы от г. Тобольска до р. Амударьи 2230 км. На базе переброски будет орошаться около 4 млн. га земель в РСФСР, Казахстане и в республиках Средней Азии [46].

В 60-х и 70-х годах продолжалось уточнение технических решений как по восточному [110], так и по западному [45] направлениям переброски вод в р. Волгу из рек Европейской части РСФСР. Одновременно усилилось внимание к оценке последствий переброски стока для природы и хозяйства севера; в результате более

углубленного подхода выявился недоучет этих последствий в проектных проработках.

В работе Коми филиала АН СССР [96] впервые была сделана попытка соединить в одном исследовании широкий спектр географических, экономических и медико-биологических оценок, дающих развернутую картину влияния предлагавшегося территориального перераспределения стока на комплекс природных и хозяйственных объектов. Теоретические и методологические основы подобных комплексных исследований были заложены академиком И. П. Герасимовым [48], предложившим в новых условиях рассматривать в качестве главной задачи современной географии всестороннее научное обслуживание глобальной работы человечества по рациональному преобразованию природы и эффективному развитию хозяйства освоенных районов [49]. Это направление было названо Герасимовым «конструктивной географией».

В связи с осуществлением принятой на майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС программы широкого развития мелиорации земель актуальность проблемы Каспийского моря в конце 60-х — начале 70-х годов вновь повысилась. В подготовленной в 1967 г. Минэнерго с участием Минводхоза Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР было установлено, что к 1985 г. потребность в переброске вод северных рек в бассейн р. Волги составит 20—25 км^3/год. В 1970 г. Госпланом СССР, Минводхозом, Минсельхозом и ВАСХНИЛ был подготовлен доклад, подтвердивший этот вывод.

Приближение сроков осуществления территориального перераспределения водных ресурсов в Европейской части страны требовало интенсификации исследований этой проблемы. В конце 60-х и в первой половине 70-х годов центром этих исследований был Институт географии АН СССР; широкое участие в них принимали институты Госкомгидромета (ГГИ, ГОИН, ААНИИ и др.). В 1968 г. с целью координации исследований по территориальному перераспределению водных ресурсов был создан Институт водных проблем АН СССР, где под руководством Г. В. Воропаева была разработана и реализовалась на практике методика комплексного изучения проблемы [39].

Начиная с 1977 г. научные исследования в области территориального перераспределения речного стока выполняются в рамках отдельной проблемы Госкомитета СССР по науке и технике и АН СССР. К участию в исследованиях было привлечено свыше 100 научно-исследовательских институтов. Параллельно продолжались проектные проработки. В соответствии с выводами Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР, упомянутого доклада Госплана СССР, Минводхоза, Минсельхоза и ВАСХНИЛ (1970 г.) в конце IX пятилетки началась разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги. Разрабатывались также ТЭО каналов Волга—Дон, Волга—Урал и Ростов—Краснодар. Все вместе эти объекты составили комплекс меропри-

339068

Ленинградский Гидрометеорологический ин-т БИБЛИОТЕКА

тий по территориальному перераспределению речного стока Европейской части РСФСР. Генеральным проектировщиком перечисленных ТЭО был назначен Союзгипроводхоз (с 1978 г. институт специализирован на проектно-изыскательских и научно-исследовательских работах по переброске и распределению вод северных и сибирских рек СССР). В соответствии с «Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», утвержденными XXV съездом КПСС, в X пятилетке на основе выполненных научных исследований была завершена разработка ТЭО переброски части стока северных рек в р. Волгу. К работе над ТЭО Союзгипроводхозом были привлечены свыше 40 проектных и научно-исследовательских институтов, из которых наибольший объем работы был выполнен Гидропроектом, обеспечившим разработку технических решений значительного числа вариантов систем переброски.

В XI пятилетке началось строительство систем первого этапа переброски части стока северных рек в р. Волгу и канала Волга—Дон; одновременно продолжаются научные исследования и проектные проработки по дальнейшим этапам и очередям территориального перераспределения речного стока.

1.4. Северные реки и водообеспечение бассейна р. Днепра

Близость истоков рек бассейна Балтийского моря (Невы, Западной Двины, Немана) к истокам р. Днепра, имеющим общий водораздел, уже давно наводила на мысль о возможности межбассейнового перераспределения стока в пользу днепровского бассейна [39, 76]. До недавнего времени вопрос о переброске части стока северных рек в бассейн р. Днепра рассматривался в плане только потенциальных возможностей без привязки к дефициту стока в этом бассейне.

По проработкам Ленгидропроекта, из бассейна р. Невы без нарушения естественного диапазона колебаний уровней Онежского и Ладожского озер и при сохранении санитарных попусков по р. Неве в маловодные годы близкими к наблюденным возможно изъятие воды до 15 км^3/год [81], при этом вода может подаваться в бассейны как р. Волги, так и р. Днепра. Изучение картографических и региональных геологических материалов по северо-западу ЕТС позволяет прийти к выводу, что наиболее экономична подача невской воды в р. Днепр из оз. Ильмень (при этом объем переброски не может быть более 9 км^3) по одному из двух направлений. Первое из них — по р. Ловать в режиме антиреки с пересечением плотиной р. Западной Двины выше г. Витебска и со сбросом воды каналом в р. Днепр ниже г. Смоленска; при этом общий подъем воды составляет 205 м, а длина трассы — 740 км. В другом варианте для антиреки используется р. Пола со сбросом воды в верховья р. Западной Двины (в оз. Охват); длина трассы 690 км, водоподъем 150 м.

Поскольку объем допустимых изъятий из системы Нева—Ладожское озеро невелик и на него рассчитывают водопользователи бассейна р. Волги, Ленгидропроектом дополнительно рассмотрен вариант переброски в бассейн р. Днепра части стока рек Карелии (Выг, Кемь, Ковда через озера Онежское, Ладожское и Ильмень) с общим объемом переброски 10 км³/год. Однако учитывая загрязненность вод р. Выг, через которую подается также и вода рек Кеми и Ковды, и недопустимость загрязнения такой водой уникальной по чистоте акватории Онежского озера, от этого варианта решено отказаться.

Переброска из бассейна Западной Двины в Днепр наиболее логична в зоне наибольшего сближения этих рек по линии Витебск—Орша; ниже этой линии реки поворачивают в противоположные стороны. Однако, учитывая незначительный объем стока р. Западной Двины в районе г. Витебска (в среднем около 6 км³/год) и жесткие требования к попускам вниз по реке, эта переброска представляется неперспективной.

Подача воды в бассейн р. Днепра из бассейна р. Немана (р. Вилия) в очень небольших размерах уже осуществляется (для нужд водоснабжения г. Минска). Имеются предложения по переброске из р. Немана в бассейн р. Припяти в отдаленной перспективе в бо́льших масштабах, которые опираются на прогноз появления дефицита водных ресурсов р. Припяти, хотя значение этого дефицита совсем небольшое — 0,1—0,2 км³/год, что ниже точности гидрометрических данных. Учитывая относительно небольшой сток р. Немана, особенно в верховьях, большую плотность населения в его бассейне, незначительный объем выявленного дефицита, вряд ли можно ожидать, что это предложение в ближайшие годы встретит необходимую поддержку.

Предложения по подаче воды с севера в бассейн р. Днепра не получают серьезной поддержки также в связи с более благоприятными возможностями использования в днепровском бассейне устьевого стока р. Дуная. Строительство канала Дунай—Днепр предусмотрено Продовольственной программой СССР на период до 1990 года. Канал Дунай—Днепр включает в себя целый комплекс сооружений, в том числе Нижнеднестровский и Очаковский гидроузлы (превращающие Днестровский и Днепро-Бугский лиманы в пресноводные водохранилища) и собственно канал, который берет начало из Килийского гирла дельты р. Дуная выше г. Вилково, проходит через отсеченное от моря бывшее соленое оз. Сасык (оно уже распреснено), далее вдоль берега Черного моря до Днестровского лимана и затем серией каналов с насосными станциями между лиманами малых рек до Днепро-Бугского лимана, из которого уже каналами меньшего порядка вода будет подаваться в юго-восточные районы Украины. Первая очередь переброски Дунай—Днепр рассчитана на подачу 7 км³/год воды для орошения 1250 тыс. га на Украине и 70 тыс. га в Молдавии. Протяженность канала 436 км, в том числе открытых участков 201 км, дюкеры 9 км, трубопроводы насосных станций и ГЭС 3 км, аквато-

рии лиманов и водохранилищ 223 км. Общая высота подъема воды 178 м, из них 101 м используется на ГЭС [97]. Создание водохозяйственного комплекса Дунай—Днепр намечено на 1986—2000 гг.

1.5. Первые предложения о подаче волжской воды в бассейны Урала, Дона и на Северный Кавказ

Намечаемые каналы межбассейновой переброски стока в юго-восточные районы Европейской России — каналы Волга—Дон, Волга—Урал, Дон—Кубань, Ока—Дон—Оскол — являются важными элементами, которые вместе с переброской части стока северных рек в р. Волгу формируют систему территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР.

Первые идеи о прокладке канала через водораздел рек Волги и Дона в районе наибольшего сближения этих рек у г. Камышина относятся еще к эпохе Петра I (начало XVIII в.). Всего через несколько десятилетий в конце XVIII в. была предпринята попытка осуществить эту идею; следы работ тех лет до сих пор отчетливо видны в окрестностях г. Камышина. Однако тогда это соединение замышлялось исключительно для целей водного транспорта; осуществлено оно было лишь в 1949—1952 гг., когда в небывало короткий срок был построен Волго-Донской судоходный канал им. В. И. Ленина (ВДСК). Что касается водной артерии для переброски стока, то первые разработки этого вопроса относятся к началу 30-х годов [95, 108]. Впрочем, эти разработки в настоящее время выглядят курьезом. Дело в том, что предлагалась переброска части и не малой (до 12 км^3/год!) стока из р. Дона в р. Волгу для компенсации роста водопотребления в волжском бассейне; видимо, тяга к разработке этого предложения усиливалась наличием перепада в уровнях рек Дона и Волги на 20 м, что в ту пору крайне ограниченных энергетических возможностей представляло собой большое искушение. Схема переброски намечалась со строительством водохранилища в районе г. Калача-на-Дону с отметками НПУ=64 м и УМО=58 м БС, далее самотечный канал должен был прорезать тот же водораздел, через который сейчас проходит ВДСК. Объем переброски определился как сток у Калача-на-Дону (22 км^3/год) минус прогнозируемое водопотребление в бассейне р. Дона (8 км^3/год, включая затраты на обводнение искусственных нерестилищ 1,2 км^3/год) и потери из водохранилища и канала (2 км^3/год). Уже тогда биологи отмечали губительные последствия такой переброски для рыбного хозяйства Азовского моря [63, 119]. Видимо, предупреждения биологов сыграли свою роль, и в конце 40-х годов вопрос был решен в пользу использования водных ресурсов р. Дона в собственном бассейне с устройством водного соединения с р. Волгой только для целей судоходства. Однако спустя

еще полтора-два десятилетия развитие народного хозяйства, в том числе промышленности, особенно в бассейне р. Северского Донца (откуда Донбасс в середине 50-х годов получил воду по каналу Северский Донец—Донбасс), быстрое развитие орошаемого земледелия на Нижнем Дону поставили вопрос о приближающемся исчерпании водных ресурсов р. Дона. Одновременное снижение рыбопродуктивности Азовского моря, последовавшее за существенным ростом объема сброса загрязненных сточных вод, повышением солености морской воды (связанным с сокращением притока Дона и Кубани в море) и уменьшением частоты затопления нерестилищ в пойме р. Дона — все это указало на ограниченность возможности безвозвратного изъятия стока из рек, впадающих в Азовское море. В результате в конце 60-х годов Гидропроектом и Южгипроводхозом, составившими Схему комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря, выдвигается предложение о переброске части стока р. Волги в р. Дон. Технико-экономическое обоснование этой проблемы в 1974—1980 гг. было разработано Союзгипроводхозом [29].

Переброска волжской воды в р. Дон решает вопрос водообеспечения не только самого бассейна р. Дона. К югу от р. Дона лежат обширные плодородные и засушливые земли междуречья Дон—Кубань, ограниченного с запада берегом Азовского моря, с востока условно р. Калаус. Земли эти занимают северную часть Краснодарского края, северо-запад Ставрополья, южные районы Ростовской области и юго-запад Калмыцкой АССР. Сток рек этой зоны (Еи, Челбаса, Бейсуга и других) весьма мал (менее 2 км^3/год), нерегулярен (пересыхание рек) и не может служить источником широкого развития орошения. В проработках Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря было предложено после переброски части стока р. Волги в р. Дон построить канал Ростов—Краснодар, берущий начало выше намечаемого Багаевского гидроузла на Дону, подающий воду в существующее Веселовское водохранилище на р. Маныч, из которого предлагалось подать воду на водораздел бассейна Азовского моря и р. Егорлык и далее примерно в направлении г. Тихорецка.

Из крупных каналов межбассейнового распределения стока, строительство которых с различной детальностью рассматривается уже в течение многих лет, следует упомянуть канал Волга—Урал. Впервые предложение о его сооружении было выдвинуто в конце 50-х годов в Схеме комплексного использования водных ресурсов Нижней Волги как преимущественно рыбохозяйственного мероприятия, улучшающего условия прохода осетровых на нерестилища р. Урала; одновременно с этим за счет увеличения поступления воды по р. Уралу создается более благоприятное (для нагула рыбы) распределение солености в восточной части Северного Каспия. Попутно решается проблема повышения устойчивости снабжения кормами животноводства в междуречье Волга—Урал за счет орошения земель.

2. ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РСФСР

2.1. Климатические условия

Европейская часть РСФСР занимает площадь около 3,8 млн. км^2 и делится на три основных бассейна: Северного Ледовитого океана, Атлантического океана и внутреннего бессточного Каспийского моря. К региону, охватываемому межбассейновым перераспределением речного стока, относится практически вся названная территория, за исключением крайне незначительной площади бассейнов рек Западной Двины и Днепра, а также Калининградской области. В бассейнах Каспийского и Азовского морей, проблема которых доминирует в вопросе о территориальном перераспределении стока северных рек, основная часть площади (2,05 млн. км^2) приходится на РСФСР, в том числе небольшая часть Северо-Западного экономического района, полностью или почти полностью Центральный, Волго-Вятский, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский районы, а также западная половина Уральского района. Кроме того, сюда входит некоторая часть Донецко-Приднепровского района УССР (бассейн Северского Донца), восточная часть Закавказского района (Армения, Азербайджан и восточная часть Грузии), водосбор рек иранского Прикаспия (включая пограничный с СССР водосбор р. Атрек). К восточному побережью Каспийского моря прилегают пустынные земли, практически не дающие стока в море. Площадь бассейна Каспийского моря составляет 3,5 млн. км^2, из них само море — 363 000 км^2; площадь Азовского моря — соответственно 0,54 млн. км^2 и 37 000 км^2. Площадь бассейнов рек севера, участвующих в территориальном перераспределении водных ресурсов РСФСР, составляет 1,4 млн. км^2.

Климат Европейской территории РСФСР характеризуется признаками континентальности. Средняя годовая температура воздуха изменяется от —1,1 °С на северо-востоке до 14,5 °С на юго-западе. Годовая сумма осадков, составляющая в пределах лесной и лесостепной зон 600—800 мм, значительно уменьшается по мере продвижения на юг — до 400 мм в степной зоне и до 300 мм в полупустыне Калмыкии. Испарение с водной поверхности постепенно увеличивается с 440 мм на северо-востоке до 880 мм на юго-востоке.

Согласно агроклиматическому районированию Д. И. Шашко [121], практически вся южная территория Европейской части РСФСР относится к зонам в той или иной степени засушливым (рис. 1). Ко влажной зоне, где сумма атмосферных осадков вегетационного периода равна или превышает испаряемость (коэффициент увлажнения $\alpha \geqslant 1{,}0$), относится территория Северо-Запад-

Рис. 1. Схема агроклиматического районирования Европейской части РСФСР (по Д. И. Шашко).

1 — зона достаточного увлажнения, *2* — слабозасушливая зона, *3* — засушливая зона, *4* — сухая зона, *5* — изолинии коэффициента увлажненности, *6* — северная граница зоны животноводства, *7* — северная граница зоны земледелия.

ного и большей части Центрального и Волго-Вятского экономических районов. Однако в первом районе возможности земледелия весьма ограничены из-за недостатка тепла, а во втором и третьем районах коэффициент увлажнения $\alpha \geqslant 1{,}0$, а это значит, что в отдельные декады, месяцы и годы растения обычно страдают от недостатка влаги. Центрально-Черноземный район и северная часть Поволжского района в основном относятся к слабозасушливой зоне ($\alpha \geqslant 0{,}55$), Среднее Поволжье и Оренбургская область — к засушливой ($\alpha = 0{,}44$), Нижнее Поволжье — к сухой ($\alpha = 0{,}22$), Северо-Кавказский район — к слабозасушливой на западе и сухой на востоке.

Многовековая практика сельскохозяйственного производства в нашей стране наглядно продемонстрировала несоответствие климатических условий (особенно в резко континентальных юго-восточных и восточных районах ЕТС) требованиям стабилизации выхода продукции. Засуха, повторяющаяся в районах Поволжья в среднем один год из двух, а на Украине и в Центрально-Черноземном районе один из трех-четырех лет, в дореволюционном прошлом приводила к регулярно повторяющимся «голодным» годам. Напротив, в благоприятные годы Россия даже экспортировала часть зерна. Советская власть навсегда покончила с голодом на всей территории страны, однако сложные климатические условия делают особо трудным решение задачи улучшения качественной структуры питания населения, удовлетворения потребностей в наиболее ценных компонентах рациона — мясе, молоке и молочной продукции, овощах, фруктах — за счет снижения доли хлеба и картофеля.

В экономических районах с засушливым климатом (Центрально-Черноземный, Поволжский, Уральский, Северо-Кавказский) сосредоточено 72 % обрабатываемых земель Европейской части РСФСР. Для получения устойчивых урожаев здесь требуется широкое развитие оросительных мелиораций, чем и вызвана в основном необходимость использования части стока северных рек ЕТС для подачи в бассейн р. Волги. В связи с тем, что мероприятие это дорогостоящее, требует для своего осуществления немалого времени и должно служить многие десятилетия, представляет интерес вопрос об устойчивости современных климатических характеристик региона и прослеживающихся трендах.

Обширная научная литература по данному вопросу, обзор которой сделан, например в [27, 56], результаты исследований ведущих школ советских климатологов (несмотря на различие теоретического обоснования и оценок исходной информации) показывают, что расхождения в прогнозах изменений климата на ближайшие 30—50 лет касаются, как правило, только естественных колебаний климатических характеристик. Что касается непреднамеренных антропогенных изменений климата, то здесь практически все исследователи сходятся во мнении, что они по своим масштабам могут быть сопоставимы с естественными колебаниями и даже превосходить их; направленность же антропогенных изме-

нений указывается однозначно — в сторону повышения засушливости в центральных и южных районах СССР.

Изучение естественных колебаний климата приводит к заключению об относительной его стабильности в течение последних 8000 лет [82]. Размах колебаний за этот период сравнительно невелик и не вызывает коренных изменений природных условий. Так, с конца XIX в. до 30-х — 40-х годов XX в. на планете наблюдалось потепление, при котором средняя температура северного полушария повысилась на 0,8 °С. После этого в 50-х — 60-х годах наступило похолодание, которое, по представлениям одних климатологов, продлится до конца века [26], по мнению других, закончилось в 70-х годах [27, 56]. Однако для сельского хозяйства наибольшее значение имеют не эти длительные тенденции, а отчетливо наблюдаемые колебания высокочастотных циклов (2—6 лет).

Разработанные в последние десятилетия модели климата опираются на зависимость колебаний климатических характеристик от двух основных факторов: прозрачности атмосферы и содержания в ней углекислого газа. Прозрачность атмосферы в основном определяется концентрацией мелкодисперсной фракции стратосферного аэрозоля, в формировании которой ведущая роль принадлежит вулканической деятельности. Проведенные климатологами оценки не дают основания считать, что в предстоящее столетие антропогенный рост стратосферного аэрозоля будет конкурировать с вулканическими извержениями [27], в связи с чем предполагать возможность похолодания от действия этого фактора не приходится. Значительно бóльшим может оказаться влияние роста содержания CO_2 в атмосфере в результате хозяйственной деятельности. Так, выполненные в Международном институте прикладного системного анализа исследования [136] позволяют заключить, что при сохранении на перспективу современных темпов прироста производства энергии за счет углеродного топлива можно ожидать через 100 лет удвоения содержания CO_2 в атмосфере. Следствием этого должно быть повышение в целом средней температуры воздуха в северном полушарии примерно на 2,5 °С, а вблизи полюса — до 7—10 °С [140]. В результате уменьшения меридионального градиента температур и соответствующего снижения интенсивности атмосферной циркуляции и выноса водяного пара с океана на континенты в первой четверти следующего столетия прогнозируется уменьшение зимних осадков в зоне зернового пояса СССР до 30 %, а средних годовых осадков до 10—15 % [27]. В этих условиях актуальность широкого развития орошаемого земледелия и связанного с ним территориального перераспределения речного стока еще больше возрастет [81].

2.2. Водные ресурсы

В гидросфере Земли преобладают воды в значительной степени минерализованные — это воды Мирового океана (1338 млн. км^3), статические запасы соленых подземных вод зоны активного

водообмена (12,9 млн. км^3), воды соленых озер (85,4 тыс. км^3). Значительно меньшими значениями характеризуются пресные воды гидросферы, складывающиеся из воды в ледниках (24,1 млн. км^3), в подземных водоносных горизонтах (10,5 млн. км^3), в многолетне-мерзлых породах (0,3 млн. км^3), в болотах (0,3 млн. км^3) и в речной сети (мгновенный объем воды 2120 км^3). Всего объем воды в гидросфере оценивается в 1386 млн. км^3, в том числе пресных вод 35 млн. км^3 [115].

Однако показатели водной массы гидросферы не характеризуют еще тех ресурсов, которые используются человеком. В ходе хозяйственной деятельности человека используются лишь возобновляемые водные ресурсы, представляющие собой продукт круговорота воды, происходящего в цепи гидросфера — атмосфера — литосфера. Возобновляемые водные ресурсы представлены речным стоком и динамическими запасами подземных вод, не связанных с поверхностным стоком. Речной сток планеты в целом оценивается в 47 000 км^3/год, в том числе собственно речной сток 41 800 км^3/год, ледниковый сток Антарктиды 2310 км^3/год, ледниковый сток с арктических островов 701 км^3/год, подземный сток непосредственно в океан 2200 км^3/год. Динамические запасы пресных подземных вод, не связанных с поверхностным стоком, относятся к бессточным районам планеты и к зонам, где сработка подземных горизонтов уменьшает испарение с их зеркала; эти запасы характеризуются величиной примерно на два порядка меньшей, чем речной сток.

Еще в начале нынешнего века население планеты использовало незначительную часть возобновляемых ресурсов пресной воды — около 400 км^3/год, в том числе безвозвратно использовалось 270 км^3/год. К 1970 г. всего из различных источников забиралось порядка 2600 км^3/год, из них безвозвратно терялось 1600 км^3/год. На орошение забиралось почти 75 % этого количества — 1900 км^3/год, в том числе безвозвратные потери 1500 км^3/год.

По ресурсам пресного стока СССР занимает второе место в мире после Бразилии. Суммарный сток рек СССР составляет 4720 км^3 в средний по водности год, в том числе 333 км^3/год формируется на водосборах за пределами страны [60]. Прогнозные запасы пресных подземных вод оцениваются несколько менее 300 км^3/год [126], но существующая методика оценки не дает возможности выделить из них долю, не связанную с речным стоком. Даже если принять, что она составляет 50 % (что, по-видимому, сильно преувеличено), получится, что ресурсы подземных пресных вод, не связанных с речным стоком, составят относительно небольшую долю в приходной части водного баланса страны — около 3 %.

На речной сток все в большей мере влияет хозяйственная деятельность человека. По данным ГГИ на уровне 1980 г. водопотребление в СССР достигло 390 км^3/год, из них на долю коммунального хозяйства приходится 20 км^3/год, на долю промышленности — 115 км^3/год, на долю сельского и рыбного хозяйства — 236 км^3/год; безвозвратные потери составляли соответственно 170;

3; 9 и 139 км³/год; 18 км³ испарялось с поверхности водохранилищ [114].

Из общего речного стока, образующегося на водосборе СССР — 4387 км³/год — на долю РСФСР приходится 4021 км³/год, или 91 %. При средней обеспеченности речным стоком на 1 жителя 16 700 м³/год (с учетом численности населения СССР по данным переписи 1979 г. 262,4 млн. человек) аналогичный показатель по РСФСР составляет 29 200 м³/год — самый высокий из республик страны. Если учитывать не всю территорию РСФСР, а только ее европейскую часть, ресурсы речного стока которой оцениваются в 912 км³/год, то при населении 100,6 млн. человек упомянутый показатель составляет уже 9100 м³/чел·год. Значительно меньший удельный показатель получится, если далее рассмотреть южную зону Европейской части РСФСР — бассейны Азовского и Каспийского и в небольшой степени Черного морей (верховья Днепра и его притоков). Здесь проживает 84 % населения Европейской части РСФСР, или 84 млн. человек, а водные ресурсы составляют всего около 470 км³/год, или 5600 м³/чел·год. Но еще более напряженной представляется ситуация, если учесть, что практически на всех крупных реках юга Европейской части РСФСР требуется обеспечивать приток воды для поддержания уровня Каспийского моря и солености Азовского моря, а также попуски по р. Днепру на границе РСФСР и УССР в размере, как минимум, стока 95 %-ной обеспеченности. Необходимые объемы подачи воды в Каспийское и Азовское моря подробно обосновываются в гл. 4; здесь можно кратко отметить, что при водопотреблении 1980 г. водный баланс Каспийского моря находится в равновесии при уровне тяготения — 28,5 м БС, опускание уровня ниже этой отметки недопустимо для рыбного хозяйства. Средний многолетний приток в Азовское море при отъемах 1980 г. составил около 30 км³/год, а чтобы не допустить полной деградации рыбного хозяйства моря требуется не менее 28 км³/год.

Таким образом, располагаемые для использования в южной зоне Европейской части РСФСР ресурсы речного стока (за вычетом потребности в воде южных морей) составляют всего 42 км³/год, или 500 м³/чел·год, что уже нельзя рассматривать иначе как крайне ограниченные ресурсы тем более, что в бассейнах Каспийского и Азовского морей этот лимит уже на уровне 1980 г. использован почти полностью. Гидрологическая характеристика основных рек Европейской части РСФСР в естественных условиях по данным ГГИ [106, 107] приведена в табл. 2. В этой таблице приводятся данные о стоке рек РСФСР. Для полноты картины по бассейну Каспийского моря приводятся аналогичные показатели по р. Куре: площадь водосбора 188 000 км², средний многолетний сток, формирующийся в бассейне, 27,4 км³, при обеспеченности 25; 75 и 95 % соответственно 31; 20,4 и 18,7 км³/год; C_v=0,21.

В отличие от южного склона, степень использования водных ресурсов европейского севера РСФСР (440 км³/год) невелика. Безвозвратное водопотребление здесь в современных условиях

ТАБЛИЦА 2

Сток основных рек Европейской части РСФСР, км³/год

Бассейн	Пункт	Площадь водосбора, тыс. км²	Коэффициент вариации C_v	Обеспеченность, %			
				25	50	75	95
		Бассейн Азовского моря					
Дон	Георгиу-Деж	69,5	0,24	9,15	7,95	6,56	5,11
	Калач-на-Дону	222	0,36	25,6	21,1	15,6	10,3
	Цимлянский гидроузел	255	0,34	26,0	21,6	16,8	11,2
	устье	378	0,38	34,0	27,9	20,2	13,1
Северский Донец	Белая Калитва	80,9	0,44	6,0	4,89	3,30	1,99
Кубань	Невинномысск	11,0	0,13	4,87	4,5	4,09	3,59
	Краснодар	45,9	0,17	14,8	13,4	11,8	9,92
	устье	57,9			11,1		
		Бассейн Черного моря					
Днепр	Орша (граница РСФСР и БССР)	18,0	0,30	4,6	3,88	3,04	2,19
		Бассейн Каспийского моря					
Волга	Андропов	150	0,25	40,1	34,6	28,4	21,8
	Чебоксары	604	0,19	127	113	98,3	80,2
	Куйбышев	1200	0,17	269	242	213	179
	Волгоград	1353	0,18	283	254	222	184
	устье	1380			240		
Кама	устье	522	0,20	136	124	104	84,4
Ока	устье	244	0,20	43,7	38,8	33,4	27,1
Терек	Моздок	20,6	0,10	8,73	8,24	7,66	6,92
	Степное	35,4	0,13	12,1	11,2	10,1	8,91
	устье	43,2	0,16	12,8	11,6	10,3	8,75
Сулак	устье	15,2	0,16	6,21	5,64	5,00	4,25
Самур	устье	7,33	0,21	3,21	2,84	2,42	1,94
Урал	Кушум	190	0,64	13,7	10,6	5,77	2,83
	устье	237	0,62	15,0	11,4	6,20	2,70
		Бассейн Балтийского моря					
Западная Двина	граница РСФСР и БССР	24,2	0,27	7,27	6,24	5,04	3,84
Нева	устье	281	0,18	87,8	78,8	68,8	57,1
Свирь	Верхне-Свирская ГЭС	66,4	0,25	21,8	18,9	15,5	11,9
Волхов	устье	79,8	0,30	19,6	16,5	12,9	9,3

Бассейн	Пункт	Площадь водосбора, тыс. км²	Коэффициент вариации C_v	Обеспеченность, %			
				25	50	75	95
	Бассейн Белого и Баренцева морей						
Северная Двина	Медведки (выше Котласа)	87,3	0,23	27,4	24,0	20,2	15,8
	Абрамково (ниже впадения Вычегды)	220	0,20	70,5	62,4	53,7	43,7
	Усть-Пинега	348	0,21	121	106	90,3	72,3
	устье	357	0,20	123	109	93,5	75,9
Сухона	Рабаньга (исток из Кубенского озера)	15,5	0,30	5,14	4,35	3,44	2,44
	Тотьма	34,8	0,28	11,4	9,65	7,63	5,49
Мезень	устье	68,4	0,17	27,1	24,0	21,5	18,0
Кулой	устье	11,7	0,17	4,29	3,82	3,31	2,71
Выг	Выгостровская ГЭС	26,6	0,22	8,83	7,76	6,53	5,20
Кемь	устье	28,4	0,26	9,87	8,51	6,94	5,23
Ковда	приток в Ковд-озеро	25,9	0,24	8,51	7,41	6,15	4,60
Печора	Троицко-Печорск	35,4	0,16	18,6	16,9	15,0	12,8
	Усть-Шугор	67,3	0,15	37,6	34,3	30,5	26,1
	устье	322	0,13	146	132	120	105
Онега	Каргополь	12,8	0,29	4,24	3,60	2,84	2,05
	устье	56,9	0,24	18,4	16,0	13,4	10,3

пренебрежимо мало и не достигает 1 км³/год [123]. Это не значит, конечно, что воды рек и озер севера не используются в народном хозяйстве. Обильные северные воды выполняют санитарную промывку речных русел в районах крупных городов (среди них второй по величине город страны — Ленинград, где до последних десятилетий очистные сооружения строились в крайне ограниченных масштабах в расчете на огромный сток р. Невы); обеспечивают судоходство, играющее на севере большую роль при неразвитости сети автомобильных и железных дорог; обеспечивают лесосплав; заливают пойменные луга, повышая их плодородие; поддерживают воспроизводство рыбных ресурсов. В этих условиях любое вмешательство в сложившийся водный режим рек севера (как и юга) наряду с получением желаемого эффекта от использования воды может быть сопряжено не только с положительным (уменьшение интенсивности наводнений, снижение степени заболачивания пойм), но и с отрицательным побочным воздействием (ухудшение санитарных условий, уменьшение судоходных глубин, преграждение нерестовых путей рыбы и т. п.).

Рассматривая данные наблюдений за речным стоком в целях их использования при расчетах, следует остановиться на некоторых видах антропогенного влияния на речной сток, не связанных

с промышленно-коммунальным водопотреблением, орошением и испарением с поверхности водохранилищ. К таким видам относятся агротехнические мероприятия, осушение болот и потери в дельтах рек.

В настоящей работе уменьшение речного стока под влиянием агротехнических мероприятий принято по результатам исследований В. Е. Водогрецкого и И. А. Шикломанова (35, 122) для бассейна р. Волги на современном уровне и в перспективе в размере 2,7 км^3/год, или около 1 % нормы стока: в бассейне р. Урала — 0,6 км^3/год на современном уровне и 1,1 км^3/год на уровне 2000 г., в бассейне р. Дона соответственно 1,5 и 1,7 км^3/год. При этом необходимо иметь в виду, что переход на современную систему агротехники начался в 30-х и закончился в 50-х годах и поэтому в той или иной степени учитывался гидрометрическими наблюдениями. Приведенные выше значения представляют собой одну из оценок; учитывая, что имеются и другие, существенно отличающиеся результаты исследований [74], данный вопрос нуждается в дальнейшем изучении.

В настоящее время уже, по-видимому, окончательно утвердилась точка зрения, что осушение заболоченных земель, если рассматривать этот вопрос на стадии стабилизации, не изменяет средний годовой сток, а лишь перераспределяет его во времени, убыстряя сброс воды в периоды высокого стояния грунтовых вод и сокращая срок прохождения паводков [80]. К этому следует добавить, что на начальном этапе осушения, когда идет сработка высокостоящих грунтовых вод, некоторое увеличение стока все же имеет место, однако при реальных объемах осушительных работ эта прибавка невелика. Более существенное влияние на параметры речного стока оказывает другой вид антропогенного вмешательства — уменьшение потерь воды на испарение и транспирацию в дельтах рек вследствие сокращения размеров и повторяемости весенних разливов. Подобное явление имеет место в дельтах Волги, Дона, Кубани и других южных рек.

Характеристика водных ресурсов района была бы неполной, если бы количественные показатели не были дополнены показателями качественными, поскольку в отдельных случаях неудовлетворительное качество воды равнозначно отсутствию пригодных для использования водных ресурсов. Приводимая ниже характеристика качества вод северных рек и озер дается для Онежского и Ладожского озер по [111], озер Лача и Воже (верховья р. Онеги) — по [78] и р. Печоры по [96].

Воды Онежского озера являются самыми маломинерализованными из вод крупных озер СССР — сумма ионов здесь составляет всего 35 мг/л, что в три раза меньше, чем в оз. Байкал. Минерализация воды меняется во времени очень незначительно. Состав воды гидрокарбонатный с преобладанием Ca_2 среди катионов. Большой удельный вес заболоченных и залесенных территорий на водосборе озера предопределяет заметную цветность вод, изменяющуюся в пределах 15—34°. Средние значения перманганатной

окисляемости около 6 мг О/л (изменяются в пределах 5—7 мг О/л), а бихроматной соответственно 17,3 и 10—22 мг О/л. Содержание кислорода зимой достигает 14 мг О/л (насыщение 97 %), летом — 10—12 мг О/л (насыщение 95 — 96 %). Онежское озеро загрязняется главным образом в результате хозяйственной деятельности в северо-западной части (Кондопожский, Петрозаводский и Повенецкий заливы). В южной части озера, откуда намечается переброска стока, существенных источников загрязнений нет. Концентрация биогенных веществ в озере невелика (фосфаты 0—0,006 мг Р/л, нитратные ионы от 0,03 до 0,30—0,75 мг N/л).

В Ладожское озеро, приток в которое в 4 раза больше, чем в Онежское, впадает такой богатый болотной органикой приток, как р. Волхов, на долю которого приходится 24 % стока, но 53 % солей, поступающих в озеро. Минерализация вод озера достигает 54 мг/л (от 52 до 57 мг/л), цветность 30—40°, перманганатная окисляемость 8—10 мг О/л, бихроматная 20—30 О/л, содержание кислорода 10—13 мг О/л (степень насыщения 80—100 %). Биохимическое потребление кислорода за 5 сут ($БПК_5$) в поверхностных слоях центральной части озера невелико — около 1,5 мг O_2/л.

За период с конца 50-х годов, в озере существенно увеличилось содержание биогенных веществ — минерального фосфора в 2,4 и минеральных азотных соединений в 1,2 раза; в результате водоем, ранее классифицировавшийся как олиготрофный, перешел в разряд мезотрофных.

Несмотря на упомянутый рост биогенной нагрузки и наличие отдельных локальных очагов загрязнений на берегу, воды Ладожского озера остаются достаточно чистыми, а значит соответствующие показатели качества воды р. Невы в ее истоке из озера тоже высоки.

Картина резко меняется по течению р. Невы в связи с тем, что до 70-х годов строительство очистных сооружений в Ленинграде и пригородах велось в недостаточных объемах.

В 70-х годах начато строительство очистных сооружений города, которое закончится в 80-е годы. Уже введена в действие первая очередь этих сооружений производительностью 0,75 млн. $м^3$/сут. Завершается строительство второй очереди еще на 1,5 млн. $м^3$/сут.

Вода оз. Кубенского, из которого берет начало р. Сухона, по химическому составу относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы со средней минерализацией 173 мг/л. В настоящее время оз. Кубенское загрязняют промышленные и коммунальные стоки собственного водосбора, судоходство, а также сточные воды, впадающие в р. Сухону, которые обычно в течение 10—20 сут в период паводка имеют обратное течение. Река Сухона загрязняется сточными водами городов Вологды и Сокола (в том числе от Сокольского целлюлозно-бумажного комбината) и загрязненными донными отложениями в районе г. Сокола.

В озерах Лача и Воже средняя минерализация воды соответственно равна 138 и 141 мг/л, загрязненность незначительная, санитарное состояние озер удовлетворительное.

Воды р. Печоры в районе г. Троицко-Печорска характеризуются средним содержанием железа и небольшой концентрацией перманганатной окисляемости. Минерализация изменяется от 18,7 мг/л в паводок до 385 мг/л в зимнюю межень, при средних значениях около 100 мг/л. До г. Печора воды реки практически не подвергаются антропогенному загрязнению; ниже по течению река загрязнена стоками этого индустриального центра, а также нефтепромыслами и предприятиями района г. Ухты, сбрасывающими сточные воды в левобережный приток — р. Ижму.

В современных условиях качество воды в южных реках Европейской части РСФСР (Волге, Оке, Каме, Тереке, Сулаке, Урале, Доне, Кубани) на некоторых участках их протяженности не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования по содержанию эфирорастворимых веществ, фенолов, детергентов и некоторых других веществ. Более низкое качество воды в реках южной зоны региона объясняется значительно большим (почти на порядок) населением, развитыми промышленностью и сельскохозяйственным производством на единицу объема речного стока.

Из рек южной зоны наименее загрязнена р. Волга, несмотря на то, что в ее бассейне расположены такие крупнейшие промышленные узлы, как Московский, Тульско-Новомосковский, Горьковский, Куйбышевский, Саратовский, Волгоградский и другие. Объясняется это повышенным вниманием Советского государства к сохранению природных (в том числе рыбных) богатств Волго-Каспийского бассейна. Здесь еще в конце 60-х годов начала осуществляться комплексная программа охраны вод согласно постановлений Совета Министров СССР от 23 сентября 1968 г. «О мерах по предотвращению загрязнения Каспийского моря» и ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 13 марта 1972 г. «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами» [1]. Второй этап этой программы начался после принятия постановления Совета Министров СССР от 16 ноября 1977 г. «О дополнительных мерах по охране Каспийского моря от загрязнения». В этом документе отмечается, что благодаря своевременно принятым мерам удалось остановить рост загрязнения вод Каспийского моря и впадающих в него рек. Это свидетельствует об эффективности осуществления природоохранных мероприятий в рамках социалистической системы хозяйства, поскольку подобного результата не удалось до сих пор достичь в речных системах Запада, таких как Дунай, Рейн и др.

Наиболее удовлетворительное качество воды отмечается на Верхней Волге до г. Горького; в этом районе сравнительно немного крупных городов и ограничено развитие особо загрязняющих воду производств. Ниже впадения р. Оки, а также после сброса в р. Волгу недостаточно очищенных стоков городов Горького, Дзержинска и других качество волжских вод ухудшается. Наблюдается повышение концентрации нефтепродуктов, фенолов, детергентов и других веществ. Относительно менее загрязненные воды р. Камы

несколько снижают общую загрязненность волжских вод, которая остается примерно на том же уровне до устья реки. Предусматриваемые в планах экономического и социального развития страны капиталовложения в водоохранные мероприятия позволяют рассчитывать на снижение к концу столетия концентрации загрязнений в воде р. Волги.

В бассейне р. Дона загрязняющие производства традиционно развивались более интенсивно, чем в бассейне р. Волги. Наибольшая доля загрязнений приходится на бассейн р. Северского Донца, ниже впадения которого концентрация вредных веществ в р. Дон, как правило, повышается. Воды р. Дона дают наибольшую долю загрязнения Азовского моря. Интенсификация водоохранной деятельности в этом районе предусмотрена постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16 января 1976 г. «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей» [1].

Наряду с водоохранными мерами в промышленности и коммунальном хозяйстве в постановлении предусматривается уменьшение сброса в водоемы неочищенных или недостаточно очищенных стоков сельскохозяйственного производства.

Водоохранные мероприятия проводятся и в бассейне р. Кубани. В этом бассейне промышленность мало развита, поэтому основным источником загрязнения являются рисовые поля в низовьях реки, поставляющие в водные источники в первую очередь пестициды. Здесь планомерно осуществляется работа по повторному использованию дренажных и сбросных вод на рисовых плантациях; эту работу необходимо продолжать и довести степень повторного использования до максимально возможных значений.

Среди рек юга Европейской части РСФСР наибольшим содержанием взвешенных и влекомых наносов отличается Терек. Антропогенных компонентов в верхнем и среднем течении относительно немного. Река в основном самоочищается, и лишь в низовьях, после впадения правобережного притока Сунжи, несущей много отходов химической промышленности, качество воды в реке перестает удовлетворять санитарным нормам.

Кроме того, в низовья реки поступают пестициды со сбросными водами рисовых полей.

Воды р. Урала, играющей большую роль в естественном воспроизводстве рыбного стада Каспийского моря, по своим качественным показателям не соответствуют требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения. Малая водность реки, усугубленная большими изъятиями стока на хозяйственные нужды для таких крупных промышленных центров как Магнитогорск и Оренбург, слабое внедрение замкнутых циклов водопользования, недостаточная очистка сточных вод — вот основные тому причины. Предпринимаемые водоохранные меры позволили приостановить дальнейшее ухудшение качества воды.

Сопоставление качественных характеристик вод севера и юга Европейской части РСФСР позволяет сделать вывод, что намеча-

емое перераспределение стока в направлении с севера на юг в какой-то степени улучшит общее положение, хотя ни в малейшей степени не может рассматриваться как альтернатива планомерно ведущимся водоохранным работам.

2.3. Земельные ресурсы

Европейская часть РСФСР вовлекается в систему территориального перераспределения водных ресурсов почти полностью, за исключением небольших площадей водосборов Днепра и Западной Двины, а также Калининградской области. Обобщенные сведения о земельной площади и сельскохозяйственных угодьях по этому региону приведены в табл. 3 по состоянию на 1 ноября 1975 г. [87]. Анализ более поздних работ показывает, что представленные в табл. 3 показатели в последнее десятилетие изменяются весьма незначительно.

Почвенный покров региона перераспределения водных ресурсов весьма разнообразен, при этом можно проследить общую тенденцию повышения плодородия (как и биоклиматического потенциала в целом) в направлении с севера на юг. На территории РСФСР преобладают подзолистые почвы, что особенно четко прослеживается на юге Северо-Западного района, в Центральном, Волго-Вятском и северной части Поволжского и Уральского районов. Земледелие на этих почвах требует внесения больших доз органических и минеральных удобрений. Значительно более плодородные серые лесные почвы и черноземы лесостепной и степной зон распространены в Центрально-Черноземном районе, на Северном Кавказе, а также на юге Уральского района. Наиболее крупные массивы плодородных каштановых почв, часто в комплексе с пятнами солонцов и солончаков, приурочены к Нижнему Заволжью и к восточной части Северного Кавказа.

В южной части региона доля сельскохозяйственных угодий в общей земельной площади весьма высока (в среднем 84 %, табл. 3) Степень распаханности тоже высока, в среднем 56 %, а в Центрально-Черноземном районе 74 %. По-видимому, возможности распашки земель здесь использованы уже практически полностью. Степень освоенности под сельское хозяйство территории Северо-Западного района значительно меньше, что объясняется малой пригодностью земель и климата для земледелия и сравнительно редким населением.

По методике автора в Союзгипроводхозе проведено определение потенциальных возможностей трансформации сельскохозяйственных угодий региона в результате мелиоративных работ. Был определен фонд орошения [15] и фонд осушения, а также фонд земель, используемых в настоящее время в сельском хозяйстве и требующих выполнения культуртехнических мероприятий без осушения, назовем его культуртехническим фондом. Результаты работы представлены в табл. 4.

ТАБЛИЦА 3

Земельная площадь и площадь сельскохозяйственных угодий в регионе территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР, тыс. га

Экономический район	Общая земельная площадь	Все сельскохозяйственные угодья	В том числе			
			пашня	сенокосы	пастбища	многолетние насаждения
Северо-Западный (без Псковской и Мурманской областей)	43 282	4 799	2 225	1 583	968	21
в том числе бассейны северных рек	41 545	4 229	1 939	1 404	864	20
бассейн Волги	1 737	570	286	179	104	1
Центральный (без Смоленской и Брянской областей)	24 349	17 227 / 70,8	11 983 / 49,2	2 181	2 888	196
Волго-Вятский	13 721	10 490 / 76,5	7 824 / 57	1 014	1 556	78
Центрально-Черноземный (без Курской области)	12 259	11 036 / 90	9 060 / 73,9	367	1 456	194
Поволжский	52 739	47 845 / 90,7	29 861 / 56,6	2 631	15 170	184
Северо-Кавказский	29 256	25 348 / 86,6	16 267 / 55,6	1 096	7 466	406
Уральский (Оренбургская, Пермская области и Удмуртская АССР)	18 702	15 503 / 82,9	9 994 / 53,4	1 140	4 352	16
Всего	194 308	132 248	87 214	10 012	33 856	1095
в т. ч. бассейны северных рек	41 545	4 229 / 10,2	1 939 / 4,7	1 404	864	20
бассейны Волги, Дона, Урала и рек Северного Кавказа	152 763	12 8019 / 83,8	85 275 / 55,8	8 608	32 992	1075

Примечание. В знаменателе дроби дана доля сельскохозяйственных угодий и пашни в общей земельной площади, %.

ТАБЛИЦА 4

Мелиоративный фонд региона территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР, млн. га

	Фонд орошения	Фонд осушения	Культуртехнический фонд
По экономическим районам			
Северо-Западный	0,4	3,0	2,0
Центральный	9,7	3,9	4,5
Волго-Вятский	4,0	0,9	1,9
Центрально-Черноземный	5,8	0,1	1,7
Поволжский	15,6	0,4	14,2
Северо-Кавказский	10,5	0,1	7,8
Уральский	3,6	0,2	6,8
Всего	49,6	8,6	39,0
По бассейнам реки			
Северные реки	0,3	2,8	не разделялся
Волга	26,1	5,5	
Дон (включая междуречье Дон—Кубань)	15,4	0,2	
Кубань	2,4	—	
Терек	2,2	—	
Сулак	0,3	—	
Самур	0,2	—	
Урал	2,7	0,1	
Всего	49,6	8,6	39,0

Примечания: 1. Помимо приведенных показателей, относящихся только к территории РСФСР, в фонд орошения бассейна р. Дона входят 1,9 млн. га на территории УССР, р. Урала — 2,4 млн. га в КазССР, р. Волги — 1,6 млн. га в КазССР. 2. Фонд орошения и фонд осушения включают в себя существующие орошаемые и осушенные земли, а культуртехнический фонд — только земли, на которых работы предстоит выполнить.

Учитывая, что потребность в орошении в Нечерноземной зоне РСФСР и в южных районах Европейской части РСФСР различна, критерии отбора земель в фонд орошения принимались дифференцированно. В Нечерноземной зоне, на севере Центрально-Черноземного и Поволжского районов орошение целесообразно на очень небольших площадях — только для овощных культур и трав. Поэтому здесь пригодные для орошения земли выбирались в удалении не более 5—6 км от водоисточника, тогда как для более южных районов это расстояние не лимитировалось, учитывая положительный опыт строительства в этой зоне весьма протяженных каналов (Донской магистральный, Саратовский и другие).

Земли фонда орошения отбирались из числа пахотных и других сельскохозяйственных угодий, а также целинных земель, нуждающихся для их освоения в мелиоративных и культуртехнических работах. В качестве ограничений, помимо упомянутого выше удаления от источника орошения, принимались уклон местности, почвенные условия и размеры орошаемого контура. Максимальный уклон орошаемых земель в соответствии со сложившейся практикой и с учетом анализа перспектив развития поливной техники для всех культур, кроме садовых, принимался для равнинных территорий равным 0,03—0,04, для предгорных долин и сильно пересеченных районов (как, например, автономные республики Северного Кавказа) — до 0,05—0,07, для садов в этих районах — до 0,20.

По почвенным условиям учитывались земли, пригодные для орошения без тяжелых мелиораций, т. е. земли с незасоленными и слабозасоленными почвами (в качестве верхнего предела принималось наличие в почвенном комплексе солонцов до 25—50 %). Заметим, что в той или иной степени засоленные земли составляют 20 % фонда орошения региона, остальная часть занята незасоленными почвами.

Предельная высота водоподъема, составляющая в настоящее время в регионе не более 100 м (в редких слуаях 110—120 м), по-видимому, мало увеличится в перспективе, учитывая нехватку электроэнергии. В фонд орошения Нечерноземной зоны включались земли с высотой водоподъема до 100 м, в южной части региона — до 200 м.

Наконец, по условиям недопущения мелкоконтурности считалось, что орошаемое поле должно иметь площадь не менее 50—100 га.

Фонд осушения назначался с учетом охраны природы [112]. Так, верховые болота, не имеющие необходимых запасов торфа для обеспечения высоких урожаев после осушения, и играющие значительную роль в формировании меженного стока рек, в фонд не включались, из общего контура заболоченных земель не менее 10—15 % оставлялось для рекреации и сбора ягод.

При общем фонде орошения региона 49, 6 млн. га в 1980 г. орошалось 4 млн. га, или 80 % площади поливных земель РСФСР. Практически весь прирост поливного клина в современных условиях идет за счет земель, уже занятых в сельском хозяйстве.

Можно считать, что до конца столетия такое положение в регионе не изменится, т. е. орошение не прибавит площади сельскохозяйственных угодий.

Площади, отобранные для проведения культуртехнических работ, включают в себя только земли, числящиеся в составе сельскохозяйственных угодий. В отличие от этого, осушение примерно наполовину выполняется на неиспользуемых в сельском хозяйстве землях.

Сейчас в регионе уже осушено 1,9 млн. га земель (45 % осушенных площадей РСФСР), а в перспективе предполагается закончить работы по мелиорации переувлажненных угодий региона, доведя площадь осушения до 7,5 млн. га.

Таким образом, благодаря осушению сельскохозяйственных угодий увеличится в перспективе примерно на 2,5—3,0 млн. га, что составит около 2 % общей площади сельскохозяйственных земель. По-видимому, примерно такого же порядка будут и потери вследствие отчуждения земель под города и хозяйственные объекты, поэтому мы вправе принимать на перспективу современную площадь сельскохозяйственных угодий неизменной.

2.4. Социально-экономические условия

Европейская часть РСФСР довольно плотно населена, по переписи 1979 г. здесь проживало 100,6 млн. человек, в том числе в бассейнах северных рек 16,6 млн. человек. Если исключить территории бассейнов Днепра, Западной Двины и Калининградскую область, не входящие в регион перераспределения стока, то население составит 94 млн. человек, в том числе на севере 11,5 млн. человек, на юге 82,5 млн. человек.

Сельское население на севере составляет 2,2 млн. человек и на юге 22,5 млн.человек [89]. Из общей численности населения страны на долю региона приходится 36 %, причем сельское население составляет 25 %, городское — 42 %. Повышенная доля городского населения объясняется тем, что в состав региона входят две самые густонаселенные области страны — Московская и Ленинградская. На две эти области приходится 26 % городского населения региона.

Промышленность специализируется на отраслях с применением высококвалифицированного труда, в первую очередь на машиностроении и металлообработке с производством сложных видов машин, станков, приборов, оборудования и инструментов, средств вычислительной техники, автоматизации. Широко развита легкая промышленность, в частности текстильная в Центральном экономическом районе. Значительная часть населения занята в производстве товаров народного потребления, в химической и нефтехимической промышленности (Центральный и Волго-Вятский районы и Ленинградская область).

В Северо-западном районе широко развита лесная и целлюлозно-бумажная промышленность, а также энергетика, причем свыше 90 % топливно-энергетических ресурсов района приходится на Коми АССР. Кроме того, быстро развивается атомная энергетика.

В Поволжском районе после машиностроения и легкой промышленности сильно развиты нефте- и газодобыча, нефтехимическая, химическая и пищевая промышленность. Центрально-Черноземный район — аграрный резерват страны, сельскохозяйственные угодья здесь занимают 90 % земель, промышленность тоже развита и продолжает динамично развиваться. Сильно развита металлургическая (преимущественно железнорудная) промышленность, связанная с разработкой руд Курской магнитной аномалии; машиностроение, химическая и пищевая промышленность.

Северо-Кавказский район дает значительную часть сельскохозяйственной продукции; кроме того, здесь развита и промышленность (машиностроение, в том числе сельскохозяйственное, пищевая и горнодобывающая промышленность (угледобыча), гидро- и теплоэнергетика).

Несмотря на то, что в регионе проживает только 25 % сельского населения СССР, здесь производится (от общих показателей по СССР) 40 % зерна, 24 % сахарной свеклы, 47 % подсолнечника, 25 % льна, 30 % овощей, 32 % картофеля, 35 % молока, 36 % мяса, 41 % яиц, 35 % шерсти; площадь сельскохозяйственных угодий региона составляет 22 %, а пашни — 38,4 %. Районная специализация сельского хозяйства внутри региона ярко выражена. Так, для Северо-Западного района характерно высокопродуктивное животноводство, в том числе производство молока, масла, а также мяса крупного рогатого скота и свинины. Из зерновых культур значительное место занимают серые хлеба, выращивается также картофель, лен, некоторые овощи. В Центральном районе производится значительное количество зерна, картофеля, овощей, льна-долгунца, продуктов животноводства. Для района характерна высокая степень концентрации и специализации в земледелии и особенно в животноводстве, наличие большого числа специализированных хозяйств, крупных животноводческих комплексов, птицефабрик и т. п. В Волго-Вятском районе развито мясное и молочное животноводство, производство зерна, овощей, картофеля, льна и сахарной свеклы.

Поволжье — крупнейшая житница страны, доля в общесоюзном производстве зерна составляет 8—15 % (в зависимости от погоды), преимущественно самых лучших сортов. Следует отметить, что сбор зерна урожайного года в Поволжье (например, 1973 г.) превышает показатели засушливого (1975 г.) в три раза. Поволжье занимает первое место среди экономических районов РСФСР по бахчеводству. В Волго-Ахтубинской пойме создается крупнейшая общесоюзная база овощеводства, а также производства бахчевых и риса. В районе развито производство технических культур, в частности сахарной свеклы. Сильно развито животноводство, ста-

бильному ведению которого мешает нехватка кормов в засушливые годы.

Северный Кавказ дает примерно 11 % зерновой продукции страны, в том числе почти половину риса (1 млн. т в 1980 г.). Здесь производится значительное количество овощей (в том числе южных теплолюбивых), фруктов, мяса и шерсти. Северный Кавказ — один из немногих в стране районов, где за последние десятилетия не наблюдается снижения численности сельского населения. Объемы производства сельскохозяйственной продукции в регионе, по данным ЦСУ СССР [88], РСФСР [87] и областной печати, обобщенным Союзгипроводхозом, приведены в табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

Валовой сбор основных сельскохозяйственных культур в регионе территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР, млн. т/год

Экономический район	Зерновые		Сахарная свекла	Подсолнечник	Льноволокно	Овощи	Картофель	Плоды, ягоды, виноград	Корма (корм. ед.)
	всего	в том числе пшеница							
Северо-Западный	0,9	0,05	—	—	0,021	0,5	1,9	0,1	3,1
в том числе в бассейнах северных рек	0,7	0,04	—	—	0,014	0,4	1,6	0,1	2,6
Центральный	8,9	2,0	1,3	—	0,066	1,6	8,9	0,3	11,3
Волго-Вятский	6,0	1,0	0,4	—	0,013	0,4	4,6	0,1	5,4
Центрально-Черноземный	9,2	3,3	9,8	0,4	—	0,6	2,7	0,3	6,7
Поволжский	27,9	12,4	3,2	0,7	—	1,8	5,8	0,3	18,1
Северо-Кавказский	20,1	12,1	7,4	1,4	—	2,3	1,4	1,8	14,7
Уральский	10,0	7,7	—	0,1	0,006	0,5	2,4	0,02	6,4
Всего	83,0	38,55	22,1	2,6	0,106	7,7	27,7	2,92	65,7
% от РСФСР	72	87	86	99	64	75	66	76	68

Как уже отмечалось, сельское хозяйство рассматриваемой территории (в особенности в Поволжском и Северо-Кавказском районах, на юге Центрально-Черноземных областей и в Оренбургской области) отличается крайней нестабильностью. Колебания сборов продукции в размерах до трех раз (урожайный год по отношению к неурожайному) особенно сильно сказываются на животноводстве. Смягчению пагубного влияния засух будет способствовать широкое развитие орошаемого земледелия. Площади орошения по состоянию на конец 1980 г. приведены в табл. 6 [30].

Орошаемое земледелие играет все большую роль в сельском хозяйстве РСФСР. В приросте продукции за 1976—1980 гг. по сравнению с 1971—1975 гг. на долю мелиорированных (орошаемых и осушенных) земель приходится 62 % [101]. Урожайность

ТАБЛИЦА 6

Площади орошения в регионе территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР по состоянию на 1 ноября 1980 г., тыс. га

Экономический район	Площадь орошения	Бассейн реки	Площадь орошения
Северо-Западный	35	Северные реки	32
Центральный	297	Волга	1784
Волго-Вятский	214	Дон	770
Центрально-Черноземный	261	Кубань	659
Поволжский	1338	Терек	591
Северо-Кавказский	1766	Сулак	89
Уральский	154	Самур	64
		Урал	76
		Всего	4065

Примечание. В бассейне р. Волги не включены 10 000 га в Каз.ССР, в бассейне р. Дона — 217 000 га в УССР, в бассейне р. Урала — 100 000 в Каз.ССР, в бассейне р. Самура — 140 000 га в Аз.ССР.

на орошаемых и неорошаемых землях региона представлена в табл. 7.

ТАБЛИЦА 7

Урожайность основных сельскохозяйственных культур в регионе территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР (средние данные за 1976—1979 гг.), ц/га

Район	Вид земель	Зерновые	Рис	Сахарная свекла	Овощи
Северо-Западный	Неорошаемые	12,2	—	—	150
Центральный	Неорошаемые	13,2	—	—	150
	Орошаемые	24,2	—	—	288
Волго-Вятский	Неорошаемые	13,8	—	—	140
	Орошаемые	21,8	—	—	177
Центрально-Черноземный	Неорошаемые	17,0	—	140	90
	Орошаемые	25,5	—	257	146
Поволжский	Неорошаемые	14,0	—	116	128
	Орошаемые	25,6	—	180	181
Северо-Кавказский	Неорошаемые	22,5	—	230	105
	Орошаемые	33,9	39,1	305	138
Уральский	Неорошаемые	13,5	—	—	108
	Орошаемые	20,8	—	—	167

Рассмотрение данных табл. 7 позволяет сделать вывод, что несмотря на значительное (до полутора-двух раз) превышение урожайности орошаемых земель по отношению к неорошаемым,

имеются еще значительные резервы повышения отдачи поливного гектара, о чем свидетельствуют показатели, достигнутые на участках Госсортсети и в передовых хозяйствах.

Из общей площади (4,0 млн. га) оросительных систем Европейской части РСФСР после 1965 г. введено в действие 2,8 млн. га. Эти системы строились после того, как на майском (1966 года) Пленуме ЦК КПСС было принято решение о широком развитии мелиорации в стране и отпущены на эти цели значительные средства; в результате новые системы строились в основном на высоком техническом уровне, с современным инженерным оборудованием. Они, как правило, рассчитаны на дождевание широкозахватными машинами «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр», имеют противофильтрационную облицовку магистральных и распределительных каналов, а внутрихозяйственная сеть обычно проложена в трубах. Там, где необходимо, построена закрытая дренажная сеть. Коэффициент полезного действия (к. п. д.) этих систем почти всегда выше 0,80 (может достигать 0,85—0,90), а в нечерноземной зоне, где системы полностью выполняются в трубах, 0,95. Из систем, построенных после 1965 г., реконструкции подлежат только те, которые вводились в действие наспех.

Системы, построенные до 1965 г., имеют каналы в основном в земляном русле, дренаж в ряде случаев не заложен, в результате чего мелиоративное состояние полей бывает неудовлетворительным. К тому же полив по бороздам или по полосам оказывает неблагоприятное воздействие на черноземы юга региона [64]. Многие из этих систем нуждаются в планировке полей; их к. п. д. в среднем 0,50—0,60.

За последнее десятилетие значительная часть несовершенных систем реконструирована. Так, по РСФСР в 1976—1980 гг. проведена реконструкция на площади 696000 га [101], из них свыше 500000 га в рассматриваемом регионе. В ближайшей перспективе в Европейской части РСФСР предстоит реконструировать несовершенные оросительные системы на площади почти 1 млн. га.

В продовольственном балансе региона, помимо сельскохозяйственной продукции, важную роль играет продукция рыбного хозяйства. В настоящее время из общего годового улова рыбы и морепродуктов (9,5 млн. т [88]) почти 90 % приходится на океанический лов и только около 1,1 млн. на прудовое рыбоводство и на рыболовство в реках и внутренних водоемах СССР. Прудовое рыбоводство дает примерно 170 000 т рыбы, из них на рассматриваемый регион приходится около 20 % [25].

За последние десятилетия оно доказало свою рентабельность и в настоящее время широко практикуется во многих хозяйствах, однако товарное производство рыбы требует практически почти такого же расхода кормов на единицу конечной продукции, как и в животноводстве; для обеспечения кормами необходимо выделять соответствующие сельскохозяйственные угодья, организовывать выращивание, сбор и хранение кормов и т. д. В противоположность этому рыбоводство и рыболовство в реках и внутренних водо-

емах (водохранилища, озера, Каспийское и Азовское моря) основываются на потреблении рыбой естественных кормовых ресурсов, в связи с чем рентабельность этой отрасли весьма высока.

В рассматриваемом регионе в реках и внутренних водоемах добывается около 630 000 т/год рыбы, или 57 % внутренних уловов страны, из них на долю бассейнов Каспийского и Азовского морей приходится примерно 620 000 т/год и на долю бассейнов северных рек примерно 10 000 т/год. Непосредственно в Каспийском море и устьевых областях впадающих в него рек сейчас добывается около 400 000 т/год рыбы, но из них почти 80 % приходится на малоценную кильку и только около 80 000 т/год — на наиболее ценные породы полупроходных и проходных рыб, из них 25 000 т/год осетровых [25, 125]. В Азовском море улов рыбы в настоящее время составляет примерно 150 000 т/год, причем 95 % приходится на менее ценные морские виды рыб, в основном хамсу. Современные валовые уловы рыбы в Каспийском и Азовском морях остались практически теми же, что и 40—50 лет назад, до зарегулирования стока впадающих рек, но видовой состав рыбы сильно изменился. Так, в 30-х годах в Каспийском море вылавливалось кильки 0,6 %, сейчас около 80 %, в Азовском море хамсы и тюльки соответственно 55 и 95 %. Тем не менее, и в современных условиях в этих морях вылавливается до 50 % уловов рыбы во внутренних водоемах СССР и свыше 90 % мировых уловов наиболее ценных видов рыб — осетровых. Дальнейшее ухудшение биогидрологического и гидрохимического состояния вод этих морей в связи с некомпенсируемым ростом изъятий стока из рек может необратимо подорвать рыбопродуктивность морей, а также их рекреационную ценность. В связи с этим сохранение режима и биологической продуктивности Каспийского и Азовского морей рассматривается как одна из главных целей территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР.

Следует отметить, что рыбное хозяйство Каспийского и Азовского морей давно развивается в условиях, когда ему приходится приспосабливаться ко все усиливающемуся влиянию хозяйственной деятельности, и тем не менее по многим направлениям удалось достичь положительных результатов. В частности, в условиях отсечения плотинами всех нерестилищ на Верхней и Средней Волге благодаря широкому внедрению искусственного воспроизводства удалось поднять уловы осетровых примерно в полтора раза по сравнению с 30-ми годами; частично увенчалось успехом сооружение искусственных нерестилищ на Нижней Волге и Ахтубе. В 1977 г. завершилось строительство вододелителя в вершине волжской дельты, ввод которого в эксплуатацию позволит сосредоточить воспроизводство полупроходных рыб в восточной половине дельты и тем самым высвободить значительные водные ресурсы р. Волги и улучшить ее водохозяйственный баланс. До недавнего времени вододелитель не вводился в строй из-за него-

товности оросительных каналов для подачи воды в Западные Подстепные Ильмени в условиях, когда те будут реже заливаться в паводок.

Среди отраслей экономики, наиболее тесно связанных с водохозяйственным комплексом Каспийского и Азовского морей, следует особо отметить гидроэнергетику и водный транспорт. Развитие этих двух отраслей хозяйства явилось главной целью крупного гидротехнического строительства 50-х — 60-х годов, когда был построен Волжско-Камский каскад (ВКК) ГЭС, Цимлянское водохранилище и ГЭС на Дону в комплексе с Волго-Донским судоходным каналом им. В. И. Ленина. В состав ВКК входят Иваньковское, Угличское, Рыбинское, Горьковское, Чебоксарское, Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища на р. Волге, Камское, Воткинское и Нижнекамское на р. Каме. Строительство двух последних ступеней каскада — Чебоксарского и Нижнекамского водохранилищ — завершится в XII пятилетке. Полная емкость водохранилищ каскада 188 км^3, полезная емкость 91 км^3; установленная мощность всех ГЭС каскада 11 300 МВт, средняя многолетняя выработка электроэнергии около 40 млрд. кВт·ч/год.

На всем протяжении рек Волги и Камы от Иваньковского и Камского водохранилищ до устья поддерживается глубина не менее 4 м, на Дону — 3,5 м [60]. Цимлянское водохранилище с полным объемом 24 км^3 и полезным объемом 11,5 км^3 обеспечивает частичное многолетнее регулирование стока р. Дона, которое первоначально было ориентировано в основном на нужды водного транспорта, а в последние годы используется в интересах ряда отраслей хозяйства. На Нижнем Дону близится к завершению шлюзование реки, что высвободит значительные объемы воды, расходуемые в настоящее время для судоходных попусков. Система шлюзования включает в себя Кочетовский гидроузел, сооруженный ниже устья р. Северского Донца еще в дореволюционное время, Николаевский (верхняя ступень, подпор которого распространяется до Цимлянской плотины), построенный в X пятилетке, и следующий за ним Константиновский, введенный в действие в XI пятилетке.

Широкое развитие водный транспорт получил на севере региона, где основной грузопоток приходится на Волго-Балтийский водный путь и Беломорско-Балтийский канал. Хотя доля водного транспорта в общем грузообороте страны составляет всего 4,1 %, в отдельных районах, и в первую очередь в рассматриваемом регионе, она значительно выше: в Северо-Западном — 25 %, Поволжском — 26 %, Волго-Вятском — 22 % [120].

В настоящей монографии нет необходимости рассматривать весь спектр социальных проблем на территории, затрагиваемой водохозяйственными преобразованиями; целесообразно остановиться лишь на тех из них, которые могут повлиять на водоустройство района; это прежде всего продовольственная проблема, проблема обеспечения трудовыми ресурсами строительства систем

переброски на севере и объектов интенсификации сельскохозяйственного производства на юге.

Решение продовольственной проблемы поставлено в качестве главной задачи страны на период до 1990 г. В этой связи обеспечение водой народного хозяйства в бассейнах Каспийского и Азовского морей приобретает особое значение, поскольку здесь, как отмечалось, сосредоточено около 40 % прироста орошаемых площадей, намеченного Продовольственной программой СССР на период до 1990 года. В ней записано: «Осуществить до 1990 года строительство объектов первого этапа переброски части стока северных рек в бассейн реки Волги, а также каналов Волга—Дон, Ростов—Краснодар и Дунай—Днепр» [4].

Таким образом, майским (1982 года) Пленумом ЦК КПСС конкретно определено то место, которое занимает территориальное перераспределение речного стока Европейской части РСФСР в Продовольственной программе страны.

Одной из наиболее сложных проблем, связанных с реализацией проекта перераспределения стока, является проблема трудовых ресурсов. На севере рассматриваемой территории она обуславливается общим для этой зоны дефицитом рабочей силы (в частности, на территории Вологодской области и Коми АССР, где располагаются почти все сооружения первой очереди переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги). Для проведения строительных работ потребуется разработка специальных мер по привлечению рабочих и инженерно-технических кадров из других районов, причем эти меры должны быть сбалансированы таким образом, чтобы не допустить оголения сельского хозяйства и других отраслей экономики на севере. В южной части рассматриваемой территории, в бассейнах Каспийского и Азовского морей, при условии мобилизации внутренних резервов, повышения уровня организационной работы и дисциплины, трудовых ресурсов в целом будет достаточно, но сложность будет заключаться в том, чтобы обеспечить их необходимое количество в сельской местности, где на орошаемых землях должна быть получена основная часть эффекта от переброски стока. В настоящее время почти на всей территории РСФСР в бассейнах Каспийского и Азовского морей еще наблюдается процесс перетока рабочей силы из сельской местности в города; более того, значительная часть населения, числящегося сельским, работает в отраслях, не связанных с сельскохозяйственным производством. Единственным районом, где процесс уменьшения сельского населения остановился, является Северный Кавказ, в особенности Краснодарский край, что в значительной мере способствовало принятию решения об ускорении строительства каналов Волга—Дон и Ростов—Краснодар.

Возможные пути решения проблемы обеспечения трудовыми ресурсами работ по перераспределению речного стока и строительству оросительных систем будут изложены в гл. 7.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

3.1. Современный подход к планированию развития водного хозяйства

Использование водных ресурсов и охрана их от загрязнения по своей специфике являются одними из наиболее капиталоемких сфер хозяйственной деятельности. Возведение сооружений, регулирующих и транспортирующих речной сток, как и борьба с загрязнением вод, как правило, требуют привлечения значительных материальных и трудовых ресурсов. В сравнительно недалеком прошлом — менее 100 лет назад — даже наиболее передовые страны не обладали ресурсами, достаточными для широкомасштабного гидростроительства, в связи с чем подход к выбору объектов для первоочередного осуществления сильно отличался от современного.

Ввиду того, что водное хозяйство как отрасль только зарождалось и использование водных ресурсов было незначительным, возможных для рассмотрения предложений было достаточно, и из них отбирались те, необходимость и эффективность которых не вызывали сомнений. Влияние гидростроительства на окружающую среду рассматривалось лишь под одним углом зрения — какие компенсации придется платить за отвод земель.

Нельзя утверждать, что до середины нынешнего века не делалось попыток учесть отдаленные последствия вмешательства человека в естественные процессы водных систем. Так, при разработке проектов водохранилищ и ГЭС на реках Волге, Дону, и Днепре в пределах подготовленности науки того времени были оценены последствия их строительства для сельского и рыбного хозяйства и намечены компенсационные мероприятия. Не все они дали должный эффект. Так, ущерб осетровому рыбному хозяйству р. Волги был полностью компенсирован строительством рыбозаводов и нерестово- вырастных хозяйств, но избежать сокращения уловов полупроходных рыб (судака, леща, воблы, и др.) не удалось. Следует также иметь в виду, что материальная база конца 40-х годов, когда для восстановления разрушенного войной народного хозяйства нужна была электроэнергия, не позволяла выделить дополнительных средств на освоение более дорогих энергоресурсов, и затопление волжской и днепровской пойм в то время было вынужденным и единственно возможным решением. Однако широкое развитие гидростроительства в те годы создало своего рода инерцию мышления у некоторых специалистов, которым казалось, что темпы гидростроительства и технические решения 50-х годов могут быть экстраполированы на многие десятилетия вперед. Развитие материальной базы нашего общества изменило эти настроения. Отказ в 60-х годах от строительства Нижневолжской и Нижне-

обской ГЭС, от сооружения огромного водохранилища на реках Печоре и Вычегде с самотечной подачей воды в р. Волгу (из-за больших затоплений и нарушения условий воспроизводства рыбы) говорит о вступлении нашего гидростроительства в новую фазу, характерную стремлением максимально снизить нежелательные воздействия на окружающую среду.

Основным недостатком гидротехнического проектирования 50-х и начала 60-х годов являлась недооценка влияния намечаемых мероприятий на окружающую природно-хозяйственную среду и в первую очередь недооценка последствий от затопления и подтопления территории и изменения режима реки ниже створа плотины.

Автором выявлены следующие основные особенности современного подхода к проектированию водохозяйственных систем [20], учитывающие как положительный опыт, так и недостатки практики предшествующих десятилетий.

1. Изучение водохозяйственных проблем в форме комплексного междисциплинарного исследования, охватывающего весь спектр затрагиваемых намечаемыми преобразованиями природных систем и отраслей народного хозяйства.

2. Тенденция к неуклонному снижению удельного (на единицу выпускаемой продукции) водопотребления, в особенности в отношении главного водопотребителя — орошаемого земледелия; переход на безводную или маловодную технологию в промышленности.

3. Стремление ограничить в перспективе рост водопотребления народного хозяйства; логическим развитием этого положения является вывод автора о возможности стабилизации безвозвратных изъятий воды в обозримом будущем [15].

4. Настойчивое внедрение требования о сокращении водоотведения, т. е. сброса сточных вод обратно в водоемы [39, 75]. Переход на оборотные системы с замкнутым циклом в промышленности; использование очищенных коммунальных сточных вод для водоснабжения промышленности и для подачи на земледельческие поля орошения (ЗПО) [73]; направление на ЗПО разбавленных стоков с животноводческих ферм и комплексов; сброс возвратных и дренажных вод с орошаемых земель обратно в оросительные каналы.

5. Постоянное внимание к изучению альтернативных источников водообеспечения, не получивших пока достаточного развития: опреснение морских, минерализованных, подземных и дренажных вод; стимулирование осадков; транспортирование айсбергов; использование вековых запасов ледников; преобразование климата.

6. Стадийность разработки проектов с последовательным углублением детальности и с подробным рассмотрением результатов каждой стадии. В процессе рассмотрения проект согласовывается с заинтересованными министерствами и ведомствами. В обсуждении проектов активное участие принимает широкая общественность.

7. Разработка водохозяйственных проектов на основе системного анализа [57, 130], включающего в себя:

— рассмотрение объекта предполагаемого воздействия в качестве единой системы, состоящей из отдельных элементов, находящихся во взаимосвязи;
— четкое формулирование целей намечаемого развития системы;
— выявление и рассмотрение всех возможных (в том числе и нетрадиционных) альтернатив достижения поставленных целей; сравнение их с «нулевым вариантом» (никакие меры не принимаются, ситуация развивается по естественному пути);
—определение влияния намечаемых преобразований на элементы системы и характер взаимосвязи между ними;
— выявление и экономическая оценка всех эффектов, ущербов и других последствий каждого из альтернативных вариантов решения поставленной проблемы;
— выявление последствий, не поддающихся прямой экономической оценке; приведение их к экономическим показателям на основе метода экспертных оценок (пределы колебания оценок определяют показатель неопределенности данного варианта);
— анализ возражений и противодействий (в научной и общественной сфере) осуществлению проекта и выявление на этой основе неучтенных влияний и последствий; корректировка выполненных оценок;
— приведение разноплановых и разновременных затрат и эффектов (капиталовложения, ежегодные издержки, эффекты, ущербы, компенсационные мероприятия) к единому показателю — расчетным приведенным затратам с обязательным учетом фактора времени (процента на капиталовложения). Выбор варианта по этому показателю (включающему в себя как прямые, так и экспертные оценки), принимая во внимание также степень неопределенности оценки каждого варианта;
— создание систем математических моделей и программ расчетов на ЭВМ для повышения вариантности проработок и всесторонней оценки альтернатив.

8. Особое внимание к составлению возможно более развернутого перечня воздействий намечаемых преобразований на окружающую среду, всесторонняя оценка последствий этих воздействий и разработка мероприятий по минимизации побочных отрицательных последствий и по усилению положительных эффектов.

9. Рассмотрение при проектировании достаточной глубины перспективы (не менее 40—50 лет) при оценке развития отраслей, связанных с данным проектом.

10. Рассмотрение намечаемых крупных водохозяйственных мероприятий в качестве составных элементов будущей Единой водохозяйственной системы страны [38, 13].

Наиболее важной среди перечисленных особенностей современного подхода к проектированию водохозяйственных систем является ориентация на весьма подробное и тщательное выявление всех поддающихся идентификации влияний намечаемых мероприятий на народное хозяйство и окружающую природную среду. С составления перечня видов влияния на окружающую среду должна начинаться работа над проектом; этот перечень должен пополняться и уточняться в течение всего периода проектирования.

Более полному учету всех связанных с проектируемым мероприятием последствий способствует стадийная разработка проектов с экспертизой каждой стадии. Обычно первые разработки крупного водохозяйственного мероприятия появляются в Генеральной, региональной или бассейновой схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов. После экспертизы схемы выдвигается предложение о разработке технико-экономического доклада или технико-экономического обоснования (обосновывающих материалов). В ходе экспертизы этих проработок выявляются какие-то неучтенные последствия, что приводит к необходимости доработки материалов или учета замечаний на следующей стадии, т. е. при разработке проекта. Последний также подвергается экспертизе, и только после этого принимается решение о начале строительства. Перед представлением на экспертизу каждая стадия проекта подлежит согласованию с заинтересованными министерствами, ведомствами и местными органами власти. В рассмотрении проекта весьма активное участие принимает научная общественность, а также отдельные граждане. Такое широкое и детальное обсуждение проекта на каждой стадии, хотя и осложняет значительно работу проектировщиков, но объективно направлено на недопущение принятия решения о строительстве сооружения с невыявленными последствиями для народного хозяйства и окружающей природной среды.

3.2. Система математических моделей для технико-экономического обоснования переброски части стока северных рек в бассейн реки Волги

Доказательство необходимости и неотложности осуществления какого-либо водохозяйственного мероприятия является основой для принятия решения о реализации проекта. При разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов речных бассейнов или отдельных регионов, так же как и при подготовке технико-экономических обоснований крупных строек, вывод о необходимости строительства той или иной водохозяйственной системы формируется на основе анализа развития современных и перспективных водопотребителей, оценки их потребности в воде, рассмотрения вариантов удовлетворения этой потребности. Такой анализ требует выполнения большого объема сложных и трудоем-

ких расчетов и вычислений. Для того чтобы выполнить их в приемлемые сроки, необходимо усовершенствовать технологию разработки схем и обоснований, в максимально возможной степени заменив ручные операции расчетами на ЭВМ. Такая технология разработки схем была предложена автором [17] на основе достижений отечественной и зарубежной науки в области математического моделирования отдельных элементов водохозяйственных систем. В Союзгипроводхозе создана и доведена до практического применения развернутая система математических моделей и программ расчетов на ЭВМ, охватывающая большинство направлений технологического процесса разработки бассейновых схем и технико-экономических обоснований. Структура такой системы моделей, используемой для анализа проблем переброски части стока северных рек, представлена на рис. 2.

При разработке разделов схем и ТЭО, посвященных гипотезе развития народного хозяйства, в Союзгипроводхозе переведены на ЭВМ расчеты по установлению основных показателей развития наиболее водоемкой отрасли народного хозяйства — орошаемого земледелия. Разработаны и используются два вида моделей.

На моделях первого вида осуществляется оптимизация размещения сельскохозяйственного производства в целом [6]: задается объем продукции, который необходимо получить в стране или в отдельных ее частях, и по критерию минимума приведенных затрат находится оптимальное распределение производства этой продукции на орошаемых, неорошаемых и осушенных землях в разрезе административных единиц (республик, экономических районов, областей и краев в зависимости от масштаба задачи).

Модели второго вида [28] дают оптимальное решение по размещению площади мелиорируемых земель в стране или регионе при заданном уровне выделяемых капиталовложений (что близко к задаче оптимального распределения заданного прироста орошаемых площадей, довольно характерной для современной практики разработки схем). Критерием оптимальности в моделях данного вида служит максимум чистого дохода при единых для района («замыкающих») закупочных ценах. Расчеты в схемах должны вестись по обоим типам моделей: по моделям первого вида — для оценки развития сельскохозяйственного производства в целом и выявления доли орошаемого земледелия, по моделям второго вида — для выявления оптимального варианта размещения орошаемых площадей на рассматриваемой территории.

Оба типа моделей, в особенности модели первого типа, весьма чувствительны к исходной информации, прежде всего о перспективной урожайности сельскохозяйственных культур.

В разделе о водопотреблении и водоотведении хорошо поддаются программированию для расчетов на ЭВМ задачи вычисления расчетных рядов расходования воды орошаемым земледелием в зависимости от метеорологических условий конкретных лет. В этих целях вся рассматриваемая территория делится на водохозяйственные зоны, тяготеющие к метеостанциям (для которых

Рис. 2. Система математических моделей для обоснования территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР.

1 — модели и программы для ЭВМ разработаны, *2* — модели разрабатываются, *3* — модели намечены к разработке.

имеются многолетние данные по осадкам, температуре и относительной влажности воздуха за вегетационный период), и зоны, тяготеющие к расчетным створам реки, установленным для водохозяйственного баланса.

Оросительные нормы в модели определяются на основе биоклиматического метода С. М. Алпатьева и средних взвешенных расчетных к. п. д. оросительных систем (получены в результате анализа проектов новых и реконструируемых систем с учетом темпов нового строительства и реконструкции). По данным модели оптимизации размещения орошаемых площадей в разрезе административных единиц и водохозяйственных зон и по составу культур на этих землях формируются ряды водопотребления орошаемого земледелия.

В разделе о водных ресурсах целесообразно построение моделей восстановления рядов естественного стока по данным наблюдений гидрометрической сети за последние годы, что необходимо практически для всех южных рек СССР, где имеются значительные по объему водохранилища и имеют место большие безвозвратные изъятия воды. Такие модели по существу являются обратной задачей расчета водохозяйственного баланса реки.

Расчеты водохозяйственных балансов наиболее перспективны для широкого использования ЭВМ. Необходимость выполнения их по длинному ряду лет (не менее 25—30, а чаще 50—60 лет, что соответствует 900—1100 интервалам времени) при переменном притоке и водопотреблении, а также при разных вариантах водохозяйственной стратегии и диспетчерских правил практически исключает возможность вести эти работы целиком вручную.

В процессе работы над проблемой территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР были созданы и внедрены в проектную практику математические модели для прогноза уровня и солености внутренних морей и озер (Каспийское и Азовское моря, Онежская губа Белого моря), режима течений и скоростей в Онежском озере, рыбопродуктивности Азовского и Каспийского морей [37, 54]. Производственные расчеты по этим моделям выполнялись на ЭВМ ЕС-1030 и БЭСМ-6.

Разработаны также модели для прогноза качества воды в реках, но применяются они в схемах пока еще редко, хотя именно на таких моделях, меняя на входе информацию о степени уменьшения загрязненности вод (при различных вариантах капиталовложений в водоохранные сооружения), можно оценить изменение санитарного состояния реки и выбрать оптимальный вариант. В перспективе возможна постановка и оптимизационной задачи на основе технико-экономических сопоставлений.

Широкие возможности для моделирования открываются в разделе о водохозяйственных мероприятиях. Так, при схематическом проектировании каналов приходится вести гидравлические расчеты, определять устойчивость откосов канала, устойчивость склона, по которому протрассирован канал, вычислять объемы земляных работ при заданном профиле, наконец, находить опти-

мальную вертикальную посадку канала. Для этих задач уже разработаны и используются программы решения на ЭВМ. На очереди — автоматизация поиска оптимальной трассы канала по заданной карте местности с учетом проектных ограничений; работы в этом направлении ведутся Союзгипроводхозом и Вычислительным центром АН СССР.

Для гидротехнических сооружений разработаны программы расчета прочности и устойчивости сооружения и его элементов, деформаций основания, устойчивости откосов, размещения насосной станции на трассе водоподъема, диаметра напорного трубопровода, гидравлического удара и т. д.

Многолетний опыт работы в области применения математических моделей в водохозяйственной практике проектирования позволяет утверждать, что на разработку математических моделей и программ реализации их на ЭВМ уходит обычно почти на порядок меньше времени, чем на их информационное обеспечение. Поэтому вопросу формирования банка данных для схем комплексного использования и охраны вод следует уделять особое внимание.

3.3. Цели территориального перераспределения речного стока

Рассмотрим с позиций системного анализа проблему рационального использования водных ресурсов. Начнем с построения соответствующего графа целей и задач [23], в котором система целей представляется в виде иерархической структуры, т. е. разбивается на конечное число уровней, причем для осуществления одной из целей (задач) любого уровня должны быть решены связанные с ней задачи более низкого уровня.

Таким образом, цель (задача) любого уровня, кроме самого верхнего и самого нижнего, с одной стороны, должна быть реализована для выполнения целей более высокого уровня, а с другой, сама может быть осуществлена при условии выполнения связанных с ней задач более низкого уровня. Цели самого верхнего (нулевого) уровня являются конечными целями, а задачи самого нижнего уровня могут быть решены на основе имеющихся ресурсов (рис. 3).

Первый уровень в системе целей состоит из задач, которые необходимо решить для успешного развития общества в целом. На втором уровне выделены не все цели (задачи), которые необходимо решить для обеспечения целей первого уровня, а лишь те, которые связаны с задачей рационального водопользования. На третьем и четвертом уровнях выделены только задачи, непосредственно связанные с обеспечением водопотребления.

Таким образом, сформировался граф целей и задач, доводящий до уровня обеспечения водными ресурсами, с выделением на нижнем уровне переброски стока рек в качестве одного из способов решения этой задачи. Благодаря этому удается качественно

Рис. 3. Граф целей, приведенный к решению проблемы водообеспечения.

описать те требования, которые предъявляются к системам снабжения водой как в настоящее время, так и в перспективе.

Территориальное перераспределение стока («переброска») занимает в графе целей и задач свое определенное, достаточно скромное место. Влево от переброски при движении по горизонтали (т. е. в пределах одного уровня) расположены средства и мероприятия, имеющие приоритет перед территориальным перераспределением стока (по экономическим показателям и экологической чистоте), вправо — мероприятия более трудные как в экономическом, так и в экологическом отношении.

При движении от рассматриваемого нами элемента по вертикали вверх встречаются цели, все более и более приближающиеся к общей цели страны — построению коммунистического общества. Среди целей первого уровня наибольшее отношение к проблеме водообеспечения имеют две: 1) развитие материально-технической базы общества и 2) повышение материального и культурного уровня жизни трудящихся. Из этих целей вытекает набор целей второго уровня, которые можно объединить в две группы: а) развитие сферы материального производства и обслуживания и б) сохранение и улучшение окружающей человека среды. Известно, что сфера материального производства издавна является определяющей в жизни любого общества, однако в последние десятилетия цели второй группы стали завоевывать все большее место, подчас претендуя даже на равное к себе внимание. Особенно это относится к развитым странам, где воздействие экономики на окружающую среду проявляется наиболее остро. В нашей стране сохранение природы выдвигается как цель не ради самой природы, а как сохранение среды обитания человека, что является частью общей цели советского общества — повышения благосостояния народа.

Анализируя структуру графа (рис. 3), можно сформулировать главную цель системы водообеспечения населения и народного хозяйства бассейнов Каспийского и Азовского морей (одним из элементов которой является переброска стока): обеспечить удовлетворение потребностей в воде планируемого развития народного хозяйства (в условиях жесткой экономии водных ресурсов) при одновременном сохранении и по возможности улучшении ценных экосистем Каспийского и Азовского морей и минимальных ущербах окружающей среде в северных районах, за счет которых решается проблема водообеспечения.

Как видно из графа (рис. 3), реализация целей второго уровня, когда это касается проблемы водообеспечения, может быть выполнена различными средствами, причем предпочтение отдается тем, которые расположены в левой части, а справа помещены более трудные решения. Поскольку в данном исследовании рассматривается вопрос о переброске стока, задачей автора является выявление места, которое это мероприятие занимает среди других способов решения задачи водообеспечения; этому вопросу посвящены два следующих параграфа. При этом решения, имеющие

приоритет перед переброской, относятся к группе, условно названной «традиционные», а менее приемлемые решения названы «нетрадиционными», или «альтернативными».

3.4. Пути решения проблемы водообеспечения традиционными методами

Практика управления водным хозяйством накопила достаточно большой опыт решения проблем водообеспечения населения и народного хозяйства. К традиционным методам относятся:

— пересмотр намечаемого размещения водоемких производств, а также темпов их роста (например, орошаемого земледелия);
— строжайшая экономия воды путем снижения удельных (на единицу продукции) норм водопотребления, перехода на маловодные или безводные технологические циклы;
— сокращение (вплоть до полного прекращения) сброса сточных вод обратно в водоисточники, переход на замкнутые циклы (оборотные системы) как в промышленности, так и в сельском хозяйстве; очистка сточных вод; использование очищенных стоков коммунального хозяйства, промышленности и животноводческих ферм на земледельческих полях орошения; в результате этих мер вводятся в использование водные ресурсы, которые в противном случае были бы непригодными для потребителей;
— регулирование стока водохранилищами с целью приближения гидрографа стока к графику водопотребления, а также выравнивание стока в многолетнем разрезе;
— использование подземных вод (в том числе не связанных с поверхностным стоком);
— уменьшение непродуктивного испарения воды посредством отсечения мелководий водохранилищ и морских акваторий;
— территориальное перераспределение речного стока.

Рассмотрим более подробно перечисленные средства управления водными ресурсами. Все они, как любое сложное явление, имеют как положительные, так и отрицательные стороны.

Пересмотр размещения и темпов роста водоемких производств выполняется на основе технико-экономических сопоставлений. Весьма часто речь идет не о переносе, а об отказе от использования или отдалении сроков освоения тех или иных природных ресурсов. Например, разработка руд КМА или интенсификация освоения сельскохозяйственных угодий Северного Кавказа не могут быть перенесены в другие районы. В то же время выплавка стали из руд КМА может вестись или у места разработки, или в других районах, в том числе и богатых водой. Для производств, не привязанных жестко к источникам сырья, водный фактор часто оказывает решающее значение [71]; достаточно упомянуть вопрос о размещении ВАЗа, при сравнении волжской площадки которого

с белгородской решающую роль сыграл водный фактор. Если рассматривать производства, жестко привязанные к территории, то здесь важно, чтобы решение о темпах освоения принималось на основе сопоставления ожидаемых доходов с суммой затрат (в том числе на водообеспечение) и было увязано с реальными сроками осуществления водохозяйственных мероприятий. Часто такое сопоставление делается с излишним оптимизмом, и в этом случае пересмотр первоначальных планов играет позитивную роль.

Положительные стороны экономного расходования вод очевидны. Общество получает от этого значительно бóльшую свободу в решении вопросов размещения водоемких производств при фиксированном объеме располагаемых водных ресурсов. Из отрицательных сторон можно отметить только потребность в значительном увеличении капиталовложений, а в большинстве случаев и текущих затрат, однако очень часто такие капиталовложения оказываются меньше, чем затраты в альтернативные мероприятия (создание адекватных условий для размещения производства в другом районе, переброска стока и т. п.).

Среди средств экономии следует назвать повышение к. п. д. систем промышленного и коммунального водоснабжения, а также оросительных систем; переход на маловодные и безводные циклы в промышленности, что часто является весьма эффективным средством с точки зрения не только экономии водных ресурсов, но и снижения себестоимости производства; переход на более экономную технику полива: капельное и подпочвенное орошение, мелкодисперсное дождевание.

В целом по рассматриваемому региону реконструкция устаревших оросительных систем позволит сэкономить примерно 2 км^3/год воды; почти такой же эффект будет получен от реконструкции систем промышленного и коммунального водоснабжения. Переход на новую технику полива высвободит дополнительно около 1 км^3/год воды.

Столь же очевидны положительные стороны водоохранных мероприятий, заключающихся в очистке сточных вод и сокращении, а впоследствии и прикращении их сброса в реки и водоемы [75]. Отрицательной стороной здесь, как и в предыдущем случае, является высокая стоимость мероприятий, однако это понятие относительное. Например, заблаговременно проведенное строительство очистных сооружений в бассейнах Рейна и Майна избавили бы ФРГ от необходимости покупать питьевую воду у Швеции. Более того, во многих случаях внедрение малоотходной технологии оказывается более выгодным не только с учетом природоохранного эффекта, но даже и по показателям основного производства (например, переход на маловодную технологию в нефтеперерабатывающей промышленности).

Регулирование стока водохранилищами известно с давних времен. Главная цель этого мероприятия — трансформировать внутригодовое (а в ряде случаев и многолетнее) распределение речного стока во времени в соответствии с графиком использования

воды для хозяйственных целей. На подавляющем большинстве рек значительная часть годового стока (70—80 %) приходится на период паводка, вызванного весенним снеготаянием, дождевыми осадками или таянием ледников; в меженный период сток рек поддерживается только за счет грунтовых вод, а многие реки вообще пересыхают. В то же время для нужд, например, гидроэнергетики необходимо выравнивание годового стока, а желательно и увеличение его в зимний период, когда энергетические нагрузки достигают максимума. Для водного транспорта необходимо поддержание судоходных глубин (а следовательно, определенных расходов воды) в течение всего сезона навигации, который в средних широтах СССР продолжается обычно с апреля—мая по ноябрь. Если на реке расположены населенные пункты, то требуется сохранение определенного минимума санитарной проточности. Для нужд орошения необходима сосредоточенная подача значительных расходов воды в течение засушливого периода. Водохранилища решают также задачу защиты от наводнений.

Водохранилища в засушливых районах улучшают микроклимат прилегающих территорий, создают прекрасные возможности для их рекреационного использования, что особенно ценно в районах с жарким летом. При проектировании водохранилищ намечается целый комплекс мероприятий, направленных на сведение к минимуму и компенсации попутных нежелательных последствий: затопления и подтопления земель, нарушения условий ведения рыбного хозяйства, ухудшения качества воды [5]. Несмотря на эти недостатки, строительство водохранилищ ведется и намечается на перспективу даже в странах с таким дефицитом земельных ресурсов, как, например, Великобритания [144]. Общепризнано, что максимальная реализация возможностей регулирования стока водохранилищами должна предшествовать крупномасштабным переброскам стока [79]. В отношении Европейской части РСФСР следует отметить, что большая часть возможных емкостей регулирования здесь уже введена в действие (Волжско-Камский каскад; Цимлянское на Дону; Большое и Краснодарское на р. Кубани; Чиркейское на р. Сулаке; Ириклинское на р. Урале). На перспективу намечается создание Терско-Малкинского, а может быть и Низового водохранилища на р. Тереке (сток которого пока не регулируется); расширение Большого и наращивание Краснодарского водохранилища на р. Кубани; строительство Янгельского водохранилища на р. Урале, Ирганайского на р. Сулаке. Все эти водохранилища в соответствии с изложенными принципами намечается построить до ввода в действие системы территориального переспределения речного стока.

Давно известно, что подземные воды благодаря своей стабильности и слабой загрязненности представляют наиболее ценную часть возобновляемых водных ресурсов. Эксплуатация подземных вод обычно бывает рентабельной и в тех случаях, когда она осуществляется за счет соответствующего уменьшения речного стока. Однако увеличить объем доступных для использования водных

ресурсов речного бассейна за счет подземных вод можно лишь в том случае, если расходуются воды, не связанные с поверхностным стоком. Это возможно, с одной стороны, за счет частичной сработки вековых запасов подземных вод, а с другой, за счет использования дополнительного притока в подземные горизонты при уменьшении испарения и транспирации, связанном с понижением уровня грунтовых вод. Такая сработка может вестись в очень ограниченных размерах во избежание серьезных нарушений природного равновесия; в пределах бассейнов Каспийского и Азовского морей дополнительные водные ресурсы за счет этого мероприятия оцениваются в 2—3 % от речного стока.

Последним из традиционных мероприятий по повышению водообеспеченности народного хозяйства является отсечение мелководий. В настоящее время при строительстве новых водохранилищ (Чебоксарское, Нижнекамское) отсечение и инженерная защита мелководий предусматриваются уже в первоначальном проекте. Имеются предложения и об осушении и освоении мелководий построенных водохранилищ. Предварительная оценка возможностей отсечения мелководий водохранилищ в бассейнах рек Волги и Дона позволяют считать рациональным их освоение на площади до 200—300 тыс. га, что дает экономию воды около 0,5 км^3/год.

Более существенную экономию дает отсечение непродуктивных испаряющих поверхностей внутренних морей и озер, в первую очередь Каспийского моря. Еще в 30-х годах выдвигались предложения об уменьшении или прекращении стока в залив Кара-Богаз-Гол. Вопрос о влиянии этого мероприятия на химическую промышленность широко обсуждался на сессиях АН СССР [94, 99]. В 1980 г. подача воды в залив была прекращена, что при уровне моря — 28,5 м БС экономит 8 км^3/год воды [24]. В послевоенное время появились предложения об отсечении непродуктивных для рыбного хозяйства мелководий северо-восточного побережья Каспийского моря на площади около 5000 км^2 [103], что, по данным ГОИН, даст экономию порядка 5—6 км^3/год вследствие сокращения испаряющей акватории и ликвидации нагонов; это мероприятие, не имеющее существенных экологических противопоказаний, по своим экономическим показателям близко к переброске стока и намечается к осуществлению к концу нынешнего столетия — почти одновременно с переброской стока.

В целом традиционные методы повышения водообеспечения могут дать в рассматриваемом регионе эффект порядка 10 км^3/год и этот эффект намечается реализовать до переброски стока или параллельно с ней.

Однако приведенные расчеты (см. главы 4 и 5), учитывающие реализацию перечисленных выше мер экономии и регулирования водных ресурсов, показывают, что дефицит водных ресурсов в бассейнах Каспийского и Азовского морей на уровне отдаленной перспективы все равно составит примерно 20 км^3/год. Этот дефицит и намечается устранить путем территориального перераспределения речного стока.

3.5. Пути решения проблемы водообеспечения нетрадиционными методами

Среди нетрадиционных методов, уступающих по своим технико-экономическим показателям и экологическим последствиям переброске стока, можно выделить:

— опреснение коллекторных, подземных и морских вод;
— интенсификацию таяния ледников;
— использование вековых запасов озерных вод;
— реконструкцию морской акватории Каспийского моря;
— стимулирование осадков;
— преобразование климата.

В 1970 г. во всем мире опреснение осуществлялось на 800 установках общей производительностью 0,44 км^3/год. Рост этого вида водопотребления сдерживается высокой стоимостью получаемой пресной воды [75, 123]: 50—60 коп/м^3 (отметим для сравнения, что стоимость воды, перебрасываемой из северных рек Европейской части РСФСР в р. Волгу, составляет 2 коп/м^3). В перспективе рассматривается возможность снижения стоимости опреснения до 38 коп/м^3 при дистилляционном методе и до 21 коп/м^3 при электролизе, однако это все же на порядок выше по стоимости, чем переброска.

Искусственное усиление таяния ледников давно рассматривается как резерв водообеспечения страны [66]. В большей мере это относится к горным районам Средней Азии; в рассматриваемом же регионе данный метод имеет отношение только к ледникам и снежникам Кавказского хребта, площадь которых составляет 1428 км^2. По аналогии с расчетами В. М. Котлякова для Средней Азии и Южного Казахстана увеличение стока рек Северного Кавказа и Закавказья оценивается в 0,5 км^3/год. При этом встает задача исследования возможных отрицательных последствий сработки вековых запасов льда. Представляется, что при небольшом эффекте указанного мероприятия идти на риск возможных изменений атмосферной циркуляции в горных районах, жертвовать рекреационной их ценностью было бы нецелесообразно.

Сработка вековых запасов озерных вод для бассейнов Каспийского и Азовского морей не является актуальной проблемой; из крупных озер здесь находится лишь Севан, сработка которого в 1940—1970 гг. на 18 м привела к отрицательным результатам, в частности к значительному повышению степени трофности водных масс. Дальнейшая сработка озера признана недопустимой, более того, намечается подъем его уровня на 4—5 м; для пополнения водных ресурсов озера уже построен тоннель переброски вод р. Арпы протяженностью 48 км.

В качестве еще одной альтернативы переброске вод с севера в 50-е годы Б. А. Апполовым выдвигалось предложение о реконструкции акватории Каспийского моря за счет отсечения северной части Каспийского моря дамбой, проходящей в широтном направлении через острова Кулалы—Морской — до полуострова Бузачи

[9]. За дамбой протяженностью 380 км намечалось поднять уровень северной части Каспийского моря до отметки —26,0 м БС, а ниже дамбы — допустить снижение уровня моря. Стоимость строительства была определена в 159 млн. руб (в ценах 1961 г.). Это предложение было рассмотрено Союзводпроектом и Институтом водных проблем АН СССР в 1974 г. [103, 116]. Было выявлено:

— стоимость такой дамбы с судоходными сооружениями составит почти 3 млрд. руб;

— для поддержания в северной части Каспийского моря солености, необходимой для осетровых и других видов каспийской рыбы, потребуется перекачка соленой воды из-за дамбы;

— миграция рыбы через дамбу (и в том числе взрослых осетровых) будет сильно затруднена, практически невозможна.

В результате был сделан вывод, что сооружение разделительной дамбы нецелесообразно.

Большие надежды многие исследователи возлагали на искусственное вызывание осадков. Однако проведенные работы показали, что «это воздействие может быть эффективным лишь для относительно небольших площадей (до 100 км^2) и в близких к естественным условиях образования осадков» [123]. Следует отметить, что нет еще сведений о нетоксичности рассеиваемых реагентов (например, иодистого серебра) для окружающей среды. Во всяком случае, очевидно, что можно искусственно вызвать осадки на небольшой площади в момент, когда в соответствующих слоях атмосферы имеется достаточно влаги, но этот дождь (или снег) выпадает либо вместо дождя, который должен был выпасть в этом же месте несколько позже, либо за счет дождя, который должен был выпасть в близкорасположенном районе.

Имеются и более радикальные, пока что научно необоснованные предложения климатологического плана — воздействовать не на локальные, а на глобальные атмосферные процессы. Наиболее известно предложение В. П. Пьянкова [100] об устройстве прорези в основании полуострова Канин Нос, что, по его мнению, даст возможность течению Гольфстрим распространяться на несколько сот километров восточнее вдоль арктического побережья СССР.

Рассмотрение всех возможных альтернативных методов решения проблемы водообеспечения юга Европейской части РСФСР позволило научно-исследовательским организациям Академии наук СССР и Госкомгидромета придти к выводу, что «ни один из возможных путей восполнения дефицита водных ресурсов в южных районах не может служить равноценной альтернативой межзональному перераспределению речного стока» [123].

4. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РСФСР И ИХ ПОТРЕБНОСТЬ В ВОДЕ

4.1. Промышленность и коммунальное хозяйство

Население региона, затрагиваемого территориальным перераспределением стока РСФСР, в 1979 г. составляло 94 млн. человек, в том числе в северной зоне 11,5 и в южной 82 млн. человек. С 1970 по 1979 г. население РСФСР в целом увеличилось со 130,1 до 137,6 млн. человек [89]; прирост составил 0,6 %/год. Принимая для следующих двух десятилетий годовой прирост 0,5 %, получим для рассматриваемой территории увеличение населения с 94 млн. человек в 1979 г. до 105 млн. человек в перспективе.

Коренных сдвигов в структуре промышленного производства в ближайшие два десятилетия вряд ли можно ожидать: хозяйственный комплекс в промышленности уже в достаточной мере сложился. Наиболее вероятные структурные сдвиги, вытекающие из Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года [3] и Продовольственной программы СССР на период до 1990 года [4], будут нацелены главным образом на техническое перевооружение отраслей и ускорение темпов научно-технического прогресса, в том числе:

— опережающее развитие машиностроения по сравнению с промышленным производством в целом, в первую очередь станкостроения, производства приборов и средств автоматизации в целях обеспечения дальнейших прогрессивных изменений условий труда;

— повышение удельного веса сельскохозяйственного машиностроения;

— опережающее развитие цветной металлургии по сравнению с черной;

— совершенствование технологии черной металлургии, значительно более широкое внедрение непрерывной разливки стали; наращивание производства за счет освоения руд Курской магнитной аномалии;

— более быстрое развитие химической промышленности по сравнению с промышленным производством в целом, в первую очередь выпуск прогрессивных (в том числе полимерных) материалов; значительное увеличение производства минеральных удобрений и химических средств защиты растений; развитие микробиологической промышленности;

— опережающее развитие электроэнергетики по сравнению с промышленным производством в целом и использованием других видов топлива и энергии.

Намечаемая программа развития промышленности потребует для своей реализации больших усилий в части ее обеспечения энергетическими ресурсами. В Европейской части страны в целом

и в РСФСР в частности продолжает складываться напряженный топливно-энергетический баланс. Даже при полном отказе от дальнейшего развития здесь энергоемких производств возникает необходимость сверхдальних передач огромного количества топлива и энергии из восточных районов страны и соответствующее удорожание этих ресурсов на территории региона по сравнению с восточными районами.

Ограничением для дальнейшего развития промышленности в бассейнах Каспийского и Азовского морей будет служить и приближение к пределу исчерпания водных ресурсов. Уже сейчас здесь имеются отдельные районы, где собственной воды явно недостаточно для обеспечения населения и народного хозяйства (Московский промрайон, Тульско-Новомосковский район, зона КМА, Центрально-Черноземный и Северо-Кавказский районы).

В 1981—1985 гг. прирост промышленного производства в стране составит 26—28 % [3]. Учитывая, что при этом будет продолжаться преимущественное развитие восточных районов, можно считать, что в Европейской части страны этот прирост составит 25 %. Поскольку с ростом общего объема производства темпы относительного прироста имеют тенденцию к снижению [2, 3], можно принять относительный прирост за каждое последующее пятилетие снижающимся на 2—3 %, и тогда к концу столетия промышленное производство в регионе возрастает в 2,1—2,2 раза. Поскольку, как сказано выше, крупных структурных изменений в промышленности в этот период не намечается, можно ожидать соответствующего увеличения объема безвозвратного водопотребления промышленностью примерно в той же пропорции. Наблюдающийся в последние годы переход к замкнутому оборотному водоснабжению в промышленности не оказывает влияния на безвозвратное водопотребление: потери воды на единицу продукции остаются примерно одинаковыми, при замкнутом водоснабжении они даже несколько выше (за счет дополнительных потерь в прудах-отстойниках). Для бассейнов Каспийского и Азовского морей ожидается увеличение безвозвратных изъятий воды в промышленности и теплоэнергетике с 5,6 до 8,4 км^3/год, т. е. значение достаточно скромное по сравнению с общими масштабами водопотребления.

Несмотря на незначительный рост населения (в РСФСР в бассейнах Каспийского и Азовского морей с 82 до 92 млн. человек), объем водопотребления в коммунальном хозяйстве за ближайшие два десятилетия вырастет в 1,6 раза — с 4,9 до 7,7 км^3/год. Это объясняется ожидаемым ростом благоустройства жилого фонда к концу столетия во всех городах до сегодняшнего уровня крупных городов, а в сельской местности до современного уровня городов районного и областного подчинения. В приведенные здесь показатели наряду с водообеспечением сельского населения включены затраты воды в животноводстве.

4.2. Сельское хозяйство

В этом разделе развитие сельского хозяйства рассматривается только с точки зрения прогноза водопотребления, поскольку один из компонентов аграрного комплекса — орошаемое земледелие — является в то же время самым крупным водопотребителем.

В п. 2.3 была дана характеристика верхнего предела возможного развития орошения — площадь фонда орошения. Однако для решения задачи прогноза водопотребления требуется установление необходимых для страны орошаемых площадей, исходя из потребности в сельскохозяйственной продукции. Известно несколько работ на эту тему, например [6]. Их авторы стремятся сопоставить научно обоснованные нормы потребления на душу населения основных продуктов питания, одежды, обуви с прогнозом численности населения, урожайности сельскохозяйственных культур, коэффициентов перехода одних видов продукции в другие (например, сахарной свеклы в сахар, кормов в продукты животноводства и т. п.) и иных показателей. На их основе с помощью ЭВМ (с использованием линейного программирования) решается задача оптимизации размещения сельскохозяйственного производства на территории страны с выделением орошаемых, осушаемых и неорошаемых земель. Недостатком таких моделей является слишком большая зависимость результатов от исходной информации. Кроме того, описанная модель ориентируется на средние многолетние значения урожайности; воспроизвести на ней стохастический характер производства сельскохозяйственной продукции не удается. В крайнем случае использование данной модели позволяет установить объем производства для малоурожайного года, но дать ответ на вопрос, каково должно быть задание на выпуск сельскохозяйственной продукции в этом году, равно ли оно среднему, и если меньше, то насколько, — определить с помощью такой модели пока невозможно. Поэтому, подтверждая необходимость дальнейшего совершенствования указанной модели, нельзя не отметить потребность в экспертных оценках необходимых стране орошаемых площадей.

Автором на основе общедоступных данных ЦСУ о средней урожайности зерновых культур в стране за каждый год (1946—1979 гг.) рассчитаны вероятностные характеристики среднего значения и возможных отклонений сборов зерна на уровне отдаленной перспективы, когда среднее их значение достигнет 300 млн. т в год [18]. Выявилось, что недоборы до нормы составят с обеспеченностью 25 % — 15 млн. т/год, с обеспеченностью 5 % — 83 млн. т/год. Было показано, что устранять эти колебания только за счет орошаемого земледелия нецелесообразно, так как прирост урожая зерновых колосовых от полива на всей территории страны, кроме Средней Азии, не превышает 50 %. Кроме того, орошаемое земледелие тоже не застраховано от колебаний урожая в отдельные годы. Выравнивание колебаний сборов зерна при достаточных средних сборах (что будет иметь место в перспективе) возможно

за счет многолетнего складирования, а доля орошаемых земель в сборе зерна достигнет, по-видимому, примерно 20 % или 60 млн. т/год, в том числе не менее 35 млн. т/год кукурузы, до 5—6 млн. т/год риса и совсем небольшой объем колосовых. При средней урожайности 5 т/га для этого потребуется до 12 млн. га поливных земель.

Значительно больший эффект дает орошение кормовых культур. По данным госсортсети, прирост урожаев многолетних трав от орошения в Поволжье составляет 300—400 %, на Северном Кавказе и на Украине 100—200 %; кукуруза на зеленую массу дает прибавку на юге ЕТС на 100—200 %. Высокая эффективность выращивания кормов при орошении привела к фактическому вытеснению ими зерновых колосовых в Поволжье и на Северном Кавказе, где доля кормовых культур повысилась до 65—80 %. Это, в частности, помогло хозяйствам Поволжья, имеющим поливные земли, полностью сохранить поголовье скота после засухи 1982 г. Учитывая отмеченные обстоятельства, долю кормов, выращиваемых на поливе, желательно было бы довести до максимально возможной величины, тем более, что переводя корма на орошение, мы высвобождаем неорошаемые земли для посева зерновых колосовых (прежде всего твердых и сильных пшениц), что служит еще одним вкладом в решение зерновой проблемы. Ограничением для перевода кормов на поливные земли выступает, с одной стороны, достаточность атмосферных осадков на части территории страны, где выращиваются корма, и необходимость оставлять долю многолетних трав в севооборотах на неорошаемых землях. В этих условиях в качестве первого приближения автором принято, что на орошаемых землях можно получать до 50 % зеленых, сочных и грубых кормов. На основе балансов производства и потребности в кормах площади орошения для этих целей определены в 24 млн. га.

На орошаемых землях будет производиться также 100 % хлопка, почти 100 % овощей, примерно 50 % фруктов и 20 % сахарной свеклы. Для этого потребуется соответственно 6; 2,7; 1,2 и 0,5 млн. га [18]. Полная потребность в орошаемых площадях составит, таким образом, около 46—50 млн. га. По оценке автора, базирующейся на анализе современного размещения поливных земель, площадей фонда орошения, отзывчивости на орошение, наконец, условий водообеспечения различных районов за счет территориального перераспределения речного стока, возможное распределение этих перспективных площадей показано в табл. 8.

Если современные приросты распространить на перспективу, то площадь орошения достигнет необходимой величины через 40—50 лет. Увеличение темпов желательно с точки зрения более быстрого решения продовольственной проблемы, но оно противоречит установкам экономической науки на замедление роста капиталовложений; кроме того, ускоренные темпы ввода орошаемых площадей не будут увязываться со сроками их водообеспечения (переброской стока). Наконец, ускорение темпов отрицательно

ТАБЛИЦА 8

Возможное размещение орошаемых площадей на перспективу, млн. га

Регион	Площадь орошения	
	1980 г.	дальняя перспектива
Украина и Молдавия	2,2	8—9
Белоруссия и Прибалтика	0,2	1
Бассейны Каспийского и Азовского морей (без бассейна р. Куры)	4,2	13—15
Закавказье	1,9	3
Средняя Азия и Казахстан	8,0	16—17
Сибирь и Дальний Восток, Зауралье	0,8	5
Всего	17,3	46—50

скажется на качестве освоения новых поливных земель. Поэтому автором принято предположение о сохранении современных темпов на всю обозримую перспективу, что подтверждается данными выполнения плана X пятилетки, плановыми заданиями на XI пятилетку [3] и поставленной в Продовольственной программе СССР задачей довести к 1990 г. площади поливных земель до 23—25 млн. га [4]. Площади орошения в пределах региона, по оценке автора, базирующейся на принятом предположении, приведены в табл. 9. В этой таблице, кроме РСФСР, учтены площади орошения других республик, входящих в бассейны Каспийского и Азовского морей.

Водопотребление орошаемого земледелия в современных условиях и на перспективу вычислялось на основании норм нетто, определенных по биоклиматическому методу С. М. Алпатьева [8] как дефицит водного баланса орошаемого поля, умноженный на коэффициент техники полива (в регионе сейчас преобладает дождевание). Для перехода к нормам брутто полученные значения делятся на к. п. д. оросительных систем. В пределах Нечерноземной зоны, где вся оросительная сеть выполняется в трубах, к. п. д. и в современных условиях, и в перспективе оценивается в 0,95. В южных районах к. п. д. на современном уровне составляет в среднем около 0,65, а после завершения реконструкции оросительных систем достигнет 0,80 и на этом уровне сохранится в дальнейшем.

На водопотребление орошаемого земледелия большое влияние оказывает расчетная обеспеченность оросительной нормы (по дефициту водного баланса растений). Под этим понимается обеспеченность засушливого года, потребность в воде которого принимается в качестве расчетной для определения пропускной способности оросительных каналов и трубопроводов. В еще более засуш-

ТАБЛИЦА 9

Динамика площадей орошения в бассейнах Каспийского и Азовского морей, тыс. га

Экономический район, бассейн	Фонд орошения	1975 г.	1980 г.	Отдаленная перспектива	Обозримая перспектива	% освоения фонда в обозримой перспективе
По экономическим районам						
Северо-Западный	100	1	3	20	35	35
Центральный	9 700	179	297	860	1 450	15
Волго-Вятский	4 000	141	214	470	715	18
Центрально-Черноземный	5 800	185	261	610	1 100	19
Поволжский	15 600	957	1 338	2 960	5 400	35
Северо-Кавказский	10 500	1 495	1 766	2 980	4 610	44
Уральский	3 600	96	154	410	700	19
Области УССР (Северский Донец)	1 900	163	217	480	720	38
Области КазССР	4 000	57	110	270	570	14
Закавказский	4 800	1728	1 793	2 260	2 700	56
Всего	60 000	5 002	6 153	11 320	18 000	30
По бассейнам рек						
Волга	27 700	1 217	1 794	4 380	7 800	28
Урал	5 100	100	176	240	290	6
Терек	2 200	528	591	890	1 170	53
Сулак	300	84	84	120	160	57
Самур	300	203	204	210	220	73
Кура	4 700	1 588	1 653	2 120	2 560	53
Дон	17 300	796	987	2 220	4 550	27
Кубань	2 400	486	659	1 140	1 250	52
Всего	60 000	5 002	6 153	11 320	18 000	30

ливый год растения недополучат нужную им влагу, в результате может снизиться урожай, но в то же время стоимость системы будет меньше, чем если бы ее рассчитали на потребность в воде самого засушливого года. Разница же в водопотребности самого засушливого и расчетного года может быть использована для полива дополнительных площадей. Автором показано, что в данной задаче необходимо учитывать обеспеченность водой орошаемого поля не только по засушливости, но по сочетанию водности и засушливости [12]; при этом выявлено, что в условиях несовпадения водности и засушливости на большинстве рек Европейской части РСФСР назначение расчетной обеспеченности оросительной нормы одновременно по засушливости и водности, например 75 %, приведет к тому, что обеспеченность сочетания этих факторов (по числу бесперебойных лет) будет ниже — порядка 65 %.

В конце 60-х — начале 70-х годов проектирование оросительных систем велось на расчетную обеспеченность по засушливости 95 %, т. е. практически во все годы оросительная сеть дает возможность подать растениям полную физиологическую норму воды; это положение было закреплено ведомственным нормативом. Экономическими исследованиями было установлено, что такое решение не является оптимальным с точки зрения получения максимума продукции при тех же приведенных затратах, в результате чего нормами СНиП 1974 г. было введено требование: «обеспеченность расчетного года должна определяться технико-экономическими расчетами» [113]. Методика этих расчетов разработана и в настоящее время широко применяется в практике проектирования.

Для бассейнов Каспийского и Азовского морей Росгипроводхоз выполнил картирование обеспеченности расчетного года, которое показало, что оптимальное ее значение практически для всей этой территории лежит около 75±5 %. Осредненные по регионам оросительные нормы 75 %-ной обеспеченности, подсчитанные в Союзгипроводхозе, представлены в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10

Средние оросительные нормы брутто 75 %-ной обеспеченности в бассейнах Каспийского и Азовского морей, м³/га

Бассейн	Участок	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Волга	исток — Куйбышев	2,3	2,3	2,3
	Куйбышев — Саратов	5,5	4,7	4,4
	Саратов — устье	8,0	7,4	7,4
	Среднее	4,6	4,2	4,1
Дон	исток — Калач-на-Дону	3,1	3,1	2,9
	Калач — Цимлянское	7,3	6,6	6,4
	Цимлянское — устье	4,3	4,2	4,1
	Среднее	4,7	4,3	4,1
Кубань		7,4	6,0	6,0
Терек		6,0	5,4	5,1
Сулак, Самур		6,1	6,0	6,0
Урал		4,3	4,2	4,2
Кура		8,3	7,2	7,2

Оросительные нормы на уровне 2000 г. (табл. 10) соответствуют к. п. д. систем 0,8. Это примерно равно к. п. д. современных городских водопроводных систем; значительно выше, чем к. п. д. оросительных систем США (0,58). Вряд ли можно ожидать, что в еще более отдаленной перспективе будет достигнуто заметное повышение упомянутого показателя. Однако это не означает, что наблюдающаяся в последние десятилетия тенденция к неуклонному снижению расхода оросительной воды на единицу площади не распространится на следующее столетие. В конце текущего и первой половине следующего столетия, по-видимому, должен осуществляться переход на новые, более экономные (по расходованию

воды) методы полива. Такой переход диктуется ограниченными возможностями переброски вод с севера для компенсации изъятий воды на орошение [32].

Интересно отметить, что на ноябрьской (1933 г.) сессии Академии наук СССР в деталях обсуждался вопрос, какой должна быть техника полива на намечаемых под орошение миллионах гектаров земли в Поволжье; единодушно было принято решение в пользу дождевания [68, 108]. И это было в то время, когда практически везде применялся полив по арыкам и бороздам, дождевальные установки только испытывались.

Таким образом, Академия наук дала точный прогноз той техники полива, которая получила широкое распространение спустя 30—40 лет. Видимо, сейчас пришло время проанализировать ситуацию с водными ресурсами в стране с учетом влияния на окружающую среду и поставить задачу выявить, какова должна быть техника полива начала XXI в.

В современных условиях в стадии разработки и внедрения находятся несколько принципиально новых методов полива, дающих снижение оросительных норм примерно вдвое. Среди этих методов можно назвать капельное и подпочвенное орошение, мелкодисперсное дождевание. Капельное орошение применяется главным образом в садах и виноградниках и предусматривает подачу воды практически непосредственно в приствольный круг растения через специальные капельницы, подвешенные к пластмассовым шлангам, проходящим на высоте 0,5—1 м над поверхностью земли. Подпочвенное орошение предполагает увлажнение культур посредством пористых шлангов малого диаметра, закладываемых с интервалом 1,0—1,5 м на глубину около 0,5 м. В ближайшие годы площадь капельного орошения в СССР достигнет 25 тыс. га.

Мелкодисперсное орошение, или, как его иначе называют, аэрозольное, вместо эпизодических поливов крупными нормами предусматривает распыление воды примерно через каждый час в жаркое время суток; при этом создается более благоприятный температурный и водный режим для растений и значительно сокращается расход воды. Мелкодисперсное орошение пока находится в стадии исследовательских работ [102]. Новые виды орошения значительно более капиталоемкие, чем дождевание (внутрихозяйственная оросительная сеть дороже в 3—5 раз). Учитывая реальные темпы внедрения этой техники и выделения ресурсов, можно считать, что к концу столетия более экономные виды орошения займут 5 % поливных площадей в бассейнах Каспийского и Азовского морей (а это порядка 600 тыс. га), через 10 лет — 10 %, через 20 и 30 лет — соответственно 20 и 30 %. Как известно, капельное орошение можно применять практически только в садах и виноградниках (т. е. менее чем на 10 % поливных земель); подпочвенное орошение недостаточно технологично, поэтому автор в своих прогнозах более перспективным считает мелкодисперсное орошение (наподобие систем стационарного импульсного дождевания). Необходимо ориентировать мелиоративные научно-исследователь-

ские институты на разработку наиболее экономичных систем такого типа, возможно, это и будет техникой орошения ближайших десятилетий.

Исходя из изложенных предположений о темпах освоения новой техники полива, размерах перспективных площадей орошения (табл. 9) и, наконец, оросительных нормах (табл. 10), автор определил (табл. 11) рост безвозвратного водопотребления на орошение в бассейнах Каспийского и Азовского морей (в расчетах принимали участие специалисты Союзгипроводхоза во главе с Ю. М. Котляровым).

При расчете показателей табл. 11 принято, что в южных районах (ЦЧР, Поволжье, Северный Кавказ и Закавказье), где оросительные системы имеют к. п. д. 0,7—0,8, примерно 10 % ороси-

ТАБЛИЦА 11

Безвозвратное водопотребление орошаемого земледелия в бассейнах Каспийского и Азовского морей, км³/год

Бассейн реки	Год						
	1980	1990	2000	2010	2020	2030	после 2030
Волга	6,4/8,8	9,7/13,6	14,7/18,8	18,6/23,8	21,4/27,4	23,2/29,6	23,2/29,6
Урал	1,2/1,3	1,4/1,5	1,4/1,6	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7	1,5/1,7
Терек	4,7/5,0	4,6/5,0	4,6/5,1	5,1/5,6	5,2/5,8	5,2/5,8	5,2/5,8
Сулак	0,8/0,8	1,1/1,2	1,3/1,4	1,5/1,6	1,5/1,6	1,5/1,6	1,5/1,6
Самур	1,2/1,4	1,1/1,3	1,2/1,4	1,2/1,4	1,1/1,3	1,1/1,3	1,1/1,3
Кура	12,0/13,6	11,9/13,5	13,4/15,2	14,3/16,3	14,2/16,2	14,1/15,9	14,1/15,9
Дон	3,3/4,7	4,6/6,4	7,3/10,4	9,8/13,9	11,8/16,7	12,7/17,9	12,7/17,9
Кубань	4,5/5,0	5,3/6,2	5,9/7,0	6,0/7,1	5,9/7,0	5,6/6,7	5,6/6,7
Всего	34,1/40,6	39,7/48,7	49,8/60,9	58,0/71,4	62,6/77,7	64,9/80,5	64,9/80,5

Примечания: 1. В числителе — средние многолетние значения; в знаменателе — значения в засушливые годы 75 %-ной обеспеченности. 2. В бассейнах рек Куры, Терека и Сулака в показатели в неявном виде входит водопотребление, имевшее место до 30-х годов.

тельных норм брутто, приведенных в табл. 10, возвращается обратно в реки; в остальных районах (Нечерноземье), где практически вся оросительная сеть проложена в трубах, возвратные воды не учитываются (ввиду их незначительности).

4.3. Гидроэнергетика и водный транспорт

В пп. 4.1 и 4.2 приведены показатели роста безвозвратных изъятий воды на нужды промышленности, коммунального хозяйства и орошаемого земледелия. Помимо водопотребителей, расходующих воду безвозвратно, имеется группа отраслей хозяйства, нуждающихся в попуске определенных расходов воды по реке, но непосредственно воду в производстве безвозвратно не потребляющих. В число этих отраслей входят гидроэнергетика и водный транспорт.

Среди рек бассейнов Каспийского и Азовского морей для выработки электроэнергии в наибольшей мере используются реки Волга и Сулак. На реках Дону, Кубани и Куре имеющиеся гидроэлектростанции работают в режиме, определяемом условиями регулирования стока для водопотребления других отраслей хозяйства.

Рациональное использование гидроэнергетических ресурсов Волжско-Камского каскада (ВКК) является предметом внимательного изучения многих исследователей, поскольку на ВКК приходится значительная доля пиковых мощностей энергосистем ЕТС. Примерно $^2/_3$ гарантированной мощности каскада обеспечивают три нижние ГЭС, регулирование стока для которых осуществляется в основном Куйбышевским водохранилищем. Гарантированная месячная мощность трех ГЭС в период зимней межени (с декабря по февраль) составляет 1790 МВт, хотя по напору они могли бы дать 6180 МВт [93]. Средняя многолетняя выработка ГЭС каскада, включая Чебоксарскую и Нижнекамскую, составляет около 40 млрд. кВт·ч/год. Согласно прогнозу, увеличение безвозвратного водопотребления в отдаленной перспективе в бассейне р. Волги на 18 км^3/год снизит выработку на 3 млрд. кВт·ч/год [30], причем уменьшение коснется только трех нижних ГЭС, расположенных на участке р. Волги, где будет сосредоточен почти весь прирост водопотребления. Это снижение будет компенсировано переброской части вод северных рек в р. Волгу.

Интересы гидроэнергетики на р. Волге находятся в постоянном противоречии с рыбным хозяйством. Переход от энергетического к неэнергетическому (т. е. рыбохозяйственному) регулированию стока р. Волги в условиях перспективного водопотребления связан с потерей выработки в 2,2 млрд. кВт·ч/год, а также с уменьшением зимней гарантированной мощности с 1790 до 1290 МВт и обеспечиваемой по напору зимней мощности трех нижних ГЭС с 6180 до 6030 МВт.

На последней цифре стоит задержать внимание. Если среднемесячная мощность снижается на 28 %, то располагаемая по на-

пору — всего лишь на 2,4 %. Это значит, что в отношении мощности энергосистема ущерба практически не несет, просто изменится соотношение часов использования установленной мощности на ГЭС и газотурбинных электростанциях, которые вместе с ГЭС работают на покрытие пика электронагрузок. Что касается потерь 2,2 млрд. кВт·ч/год выработки, то затраты по освоению новых топливных месторождений, по расчетам Союзгипроводхоза, значительно меньше, чем ущерб рыбному хозяйству от невыполнения требуемых им попусков (см. п. 4.4). Почему же на практике не выполняются требования рыбного хозяйства [25], а споры решаются в пользу энергетики? Только потому, что свободного резерва мощностей в энергосистеме нет и в ближайшие годы не ожидается, в связи с чем недодача энергии зимой приводит к ущербу от недодачи ее промышленности, а этот ущерб намного больше, чем в рыбном хозяйстве. Отсюда задача — создание такого резерва.

В меньшей степени, но все же противоречат гидроэнергетике интересы водного транспорта. Его требование — поддержание на Нижней Волге (ниже Волгоградского водохранилища) расхода воды 4000 м³/с в период навигации с обеспеченностью 95 %. Однако в маловодные годы типа 1938 г. (обеспеченность несколько выше 95 %) выполнить это требование не удается, и в этом случае попуск получается порядка 3400 м³/с [93]. В последние годы в результате исследований ряда специалистов выдвигается требование о повышении попуска на Нижней Волге с 4000 до 5000 м³/с с целью увеличения гарантированных глубин на 0,5 м (с 4,0 до 4,5 м) [120]. Это требование обосновывается сравнением капиталовложений и издержек на содержание пути и флота при существующей и увеличенной глубине, причем перевес в пользу последней близок к нормативному пределу эффективности. Однако трудно согласиться с тем, что в суммы затрат не входят капиталовложения и издержки на увеличение расходов воды на Нижней Волге с 4000 до 5000 м³/с, а для этого требуется увеличение объема переброски на 10,5 км³/год, что связано с капиталовложениями в размере более 1 млрд. руб и ежегодными затратами порядка 48 млн. руб; при учете таких затрат предложение об увеличении попуска теряет конкурентноспособность.

Существенны требования водного транспорта и на Нижнем Дону. После постройки Цимлянского водохранилища для обеспечения здесь глубины 3,5 м требовался попуск 580 м³/с, что в 4—5 раз превышает минимальные меженные расходы. Как уже отмечалось, в водохозяйственной схеме Азовского моря [105] было принято решение о шлюзовании Нижнего Дона четырьмя гидроузлами: Кочетовским (построен в начале века), Николаевским (введен в действие в X пятилетке), Константиновским (строится) и Багаевским; после ввода Константиновского гидроузла судоходный попуск уменьшится до 360 м³/с, а с завершением строительства всех гидроузлов требования водного транспорта на попуски по Дону будут полностью сняты, и лимитирующими останутся рыбохозяйственные и санитарные требования. Задержка в проектирова-

нии Багаевского гидроузла оттягивает реализацию принятого решения и осложняет водохозяйственную обстановку в бассейне р. Дона.

Рассматривая энерготранспортное использование водохранилищ Волжско-Камского каскада, необходимо отметить, что гидроэнергетика и судоходство, традиционно считающееся не расходующими воду безвозвратно, в данном конкретном случае такими не являются. Речь идет об испарении с поверхности водохранилищ, которое на ВКК существенно. До последнего времени подсчеты испарения с поверхности этих водохранилищ велись по методике Гипропроекта [69]. В 70-х годах в ГГИ разработана уточненная методика подсчета дополнительных потерь на испарение [122]. В результате скорректированные значения потерь оказались почти в 2 раза меньше принимавшихся ранее. Расчетные значения потерь на испарение с поверхности водохранилищ Волжско-Камского каскада, а также по водохранилищам на других реках бассейнов Каспийского и Азовского морей приведены в табл. 12.

ТАБЛИЦА 12

Потери воды на испарение с поверхности водохранилищ в бассейнах Каспийского и Азовского морей, км³/год [1]

Бассейн реки	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Волга	5,2 / 7,9	6,5 / 10,0	6,9 / 10,4
Урал	0,2 / 0,2	0,2 / 0,2	0,2 / 0,2
Терек	—	—	0,1 / 0,1
Кура	0,5 / 0,6	0,8 / 1,0	0,9 / 1,1
Дон	1,7 / 2,2	1,8 / 2,3	1,8 / 2,3
Кубань	0,1 / 0,1	0,1 / 0,1	0,1 / 0,1

[1] В числителе — средние многолетние значения испарения, в знаменателе — в засушливый год 75 %-ной обеспеченности.

4.4. Рыбное хозяйство. Проблемы Каспийского и Азовского морей

Требования рыбного хозяйства региона к водным ресурсам складываются из двух неравноценных компонентов: заявка на безвозвратные изъятия стока для прудового рыбоводства и требова-

ния по сохранению и увеличению рыбопродуктивности Каспийского и Азовского морей и устьевых областей впадающих в них рек. Объем безвозвратного потребления прудового рыбоводства в целом по региону оценивается сейчас в 0,5 км³/год и к концу столетия увеличится до 1,2 км³/год, т. е. составляет незначительную долю водных ресурсов. Что касается требований на воду для внутренних морей, то они в вопросе водообеспечения юга страны играют решающую роль.

Каспийское море. С давних времен Каспийское море привлекает внимание исследователей. Отсутствие связи с мировым океаном вносит много особенностей как в гидрологический и гидрохимический режим водоема, так и в характер базирующихся на нем экосистем. Чрезвычайно важна роль Каспийского моря в экономике страны, с ним связана работа ряда отраслей промышленности (нефте- и газодобыча, химическое производство района Кара-Богаз-Гола), водного транспорта, рекреационных учреждений и конечно рыбного хозяйства. Каспийское море сейчас дает около 90 % мировых уловов осетровых рыб.

Современный комплекс отраслей народного хозяйства, связанных с Каспийским морем, сложился в условиях колебания уровня моря около отметки —28,5 м БС, которая, по расчетам ихтиологов, соответствует критическому состоянию рыбного хозяйства Каспийского моря. При этой отметке площадь водного зеркала моря равна 362 700 км² (данные Р. В. Николаевой), объем воды — 77 900 км³, площадь и объем северной части Каспийского моря, имеющей исключительно важное значение для рыбного хозяйства, равны соответственно 78 000 км² и 355 км³. Зависимость площади водного зеркала Каспийского моря ω от его уровня z характеризуется следующими показателями:

z м БС	—27,0	—27,5	—28,0	—28,5	—29,0	—29,5	—30,0	—30,5	—31,0
ω тыс. км² . .	390,4	383,2	376,3	362,7	356,2	350,2	344,2	336,9	330,4

Колебания уровня Каспийского моря, связанные с изменением метеорологических условий, оказывают большое влияние на хозяйственный комплекс и экологические системы и поэтому с давних пор привлекают особое внимание исследователей. Регулярные наблюдения за уровнем моря ведутся с 1890 г. В период 1837—1890 гг. велись систематические наблюдения; отдельные инструментальные измерения были сделаны также в 1830 и 1832 гг. Обработка данных этих наблюдений, корректировка их результатов с учетом вертикальных смещений земной коры на Апшеронском полуострове, где находится старейший пост водомерных наблюдений, были выполнены в 1956 г. Б. А. Аполловым [10]. Им же произведен большой объем расчетов корреляционной связи: уровня Каспийского моря со стоком впадающих в него рек, стока рек с температурой воздуха в городах Москве и Ленинграде, температуры воздуха с отложением илов в Сакском озере в Крыму. Вместе с анализом литературных источников и археологических наблюдений это позволило Аполлову высказать предположения о хронологической

последовательности колебаний уровня Каспийского моря за период около 2000 лет.

Реконструкция динамики уровня за 1556—1830 гг. была выполнена также Л. С. Бергом [11]. Интерес к восстановлению истории колебаний уровня Каспийского моря не ослабевает и поныне [65]. На рис. 4 нанесены значения уровня моря по результатам наблюдений и расчетов. Важно отметить, что практически все исследо-

Рис. 4. Колебания уровня Каспийского моря:

1 — наблюдения, *2* — реконструкция, *3* — данные Б. А. Аполлова, *4* — данные Л. С. Берга, *5* — данные археологических исследований.

ватели сходятся на утверждении о прямой связи степени увлажненности бассейна Каспийского моря с его уровнем.

Среди исследователей уровенного режима Каспия нет единства мнений о том, в какой стадии колебаний мы сейчас находимся. По одним представлениям, сейчас продолжает развиваться Новокаспийская трансгрессия (наступление), начавшаяся 8 тыс. лет назад, при которой уровень моря колеблется в пределах от 22—25 м ниже современного до 8 м выше его [65]. По другим предположениям, начало последней трансгрессии отделено от нас пятью-шестью тысячелетиями и закончилась она примерно в XIII—XV вв.; сейчас Каспийское море отступает в полном соответствии с прогрессирующей аридизацией и будет отступать еще сотни лет [109]. Следует подчеркнуть гипотетический характер как тех, так и других предположений, поскольку для однозначного вывода недостаточно имеющейся информации. Однако при всех обстоятельствах необходимо отметить, что на естественные колебания уровня моря неизбежно будут накладываться антропогенные изменения климата, которые однозначно будут оказывать влияние на ход процесса в сторону регрессии, т. е. понижения уровня моря.

Таким образом, вряд ли можно ожидать, что даже с прекращением роста водопотребления уровень моря в обозримом будущем существенно повысится.

Колебания уровня моря с коротким циклом (несколько лет) часто принимаются неспециалистами за явные тенденции. Так, снижение уровня моря до отметки —29,03 м БС в 1977 г. было воспринято некоторыми как необратимый процесс, против которого никакие меры не помогут. Напротив, в результате подъема уровня к концу 1983 г. до — 28,2 м БС у многих неспециалистов сформировалось мнение о полном решении проблемы моря. Вряд ли есть необходимость опровергать такие суждения. В сложной проблеме, какой является проблема Каспийского моря, отказ от научного анализа и взвешенного подхода недопустим.

Вопрос о дальнейшем поведении уровня может быть прояснен в результате рассмотрения водного баланса моря. В связи с изолированностью Каспийского моря от мирового океана поступающая в него вода всецело расходуется на испарение. Колебания уровня моря являются неизбежными при изменении приходных и расходных компонентов водного баланса; при этом уровень воды стремится к такому положению, при котором площадь зеркала моря становится достаточной для испарения поступающей воды. Соответствующий этому положению уровень именуется уровнем тяготения, или уровнем равновесия.

Уровень моря —28,5 м БС, как уже отмечено, выдвигается специалистами рыбного хозяйства как наинизшее допустимое среднее многолетнее положение уровня, при котором возможно высокопродуктивное рыбохозяйственное использование моря [25, 86, 125]. По уточненным в последние годы исследованиям ГГИ среднее многолетнее значение видимого испарения (испарение минус осадки, выпадающие на поверхность моря) определено равным 740 мм/год [44]; это значение несущественно отличается от значения — 730 мм/год, принимавшегося Институтом водных проблем АН СССР (ИВП) [69]. При площади зеркала 362 700 км^2 объем потерь на испарение составляет 268 км^3/год.

Норма притока в море в условиях изъятий воды, учтенных наблюдениями (за которые принимаются изъятия, имевшие место до начала крупного гидростроительства в бассейне Каспийского моря, т. е. до 30-х годов), по исследованиями ИВП, как и ГГИ, принимается равной 303 км^3/год. Разница между оценками двух институтов — только входящий в этот объем подземный приток (3 и 5 км^3/год), поверхностный приток соответственно равен 300 и 298 км^3/год. Как показано в п. 5.1, среднее уменьшение притока в Каспийское море на уровне 1980 г. оценивается нами примерно в 37 км^3/год; эта оценка близка к результатам исследований ГГИ [124] и ИВП [103].

Существовавшая до марта 1980 г. еще одна расходная статья баланса моря — сток в залив Кара-Богаз-Гол — в настоящее время отсутствует. В результате сопоставления приходных и расходных компонентов водного баланса Каспийского моря в современных

условиях при отметке —28,5 м БС получается небольшое значение дефицита — около 2 км³/год. Практически можно считать, что при изъятиях воды, соответствующих началу 80-х годов, уровень моря находился в равновесном состоянии. Это свидетельствует о том, что для сохранения такого равновесия любой прирост изъятий стока сверхдостигнутых к 1980 г. должен быть компенсирован либо переброской воды извне, либо сокращением испаряющей акватории. Вывод основан на принятии требований рыбного хозяйства о недопустимости длительного стояния уровня моря ниже —28,5 м БС. О том, что такое требование обосновано, свидетельствует анализ рыбопродуктивности моря в прошлом и прогнозные расчеты ее при снижении уровня воды.

До второй половины 30-х годов, когда уровень моря колебался около отметки —26,0 м БС, а речной сток в его бассейне не был зарегулирован, уловы рыбы в Каспийском море изменялись в пределах 400—600 тыс. т/год. По данным Л. С. Берга [99], в 1929—1932 гг. они составляли соответственно 518, 615, 608 и 404 тыс. т. Характерен состав этих уловов (для примера взят 1930 г., тыс. т): осетровых — 14, вобла — 280, сельдевые — 127, судак — 89, лещ — 37, сазан — 12, сом, жерех, щука, кутум и морской судак — 20, белорыбица — 0,4, лосось — 0,3, мелкий частик — 31.

Экстремально маловодное восьмилетие 1933—1940 гг. привело к снижению уровня моря до отметки —28,0 м БС; последующее наполнение волго-камских водохранилищ вызвало понижение к 1955 г. до —28,5 м БС, в настоящее время уровень колеблется около этой отметки. В результате снижения уровня ухудшились условия водообмена между западной и восточной зонами северной части Каспийского моря, что привело к обеднению последней в части первичной продукции. Однако снижение уровня воды явилось не единственной причиной уменьшения рыбопродуктивности по наиболее ценным видам — полупроходным и проходным. В не меньшей степени сказалось зарегулирование р. Волги в 50—60-х годах и загрязнение речных вод неочищенными и недостаточно очищенными стоками городов и промышленных предприятий.

В результате зарегулирования стока зимние расходы р. Волги увеличились, вплоть до формирования зимних «наводнений». Последнее отрицательно влияет на развитие земледелия в пределах нижних террас Волго-Ахтубинской поймы. Увеличение зимних расходов с целью повышения выработки ГЭС в наиболее энергонапряженные месяцы достигается за счет уменьшения объемов весеннего половодья со среднего значения 144 км³ в естественных условиях до 95—105 км³ в проектных условиях. Весенние рыбосельскохозяйственные попуски на Нижней Волге проводятся с 1959 г., причем в 1960—1981 гг. попуск 95 км³ и более соблюдался только в 13 годах из 22 (из них только в 9 годах он был равен или больше 105 км³). Вместе с тем отмечается, что упомянутые попуски все же обеспечивали после схода льда обводнение Волго-Ахтубинской поймы и центральной части дельты и тем са-

мым способствовали поддержанию естественного размножения полупроходных рыб.

Зарегулирование стока и сокращение весенних разливов привело к снижению концентрации биогенных элементов в речной воде, а также уменьшению биомассы фитопланктона и зоопланктона в морской воде. В результате общая биомасса бентоса в море к 1968 г. уменьшилась по сравнению с 1961 г. в 2 раза. За период 1959—1970 гг. уловы воблы упали в 5 раз, леща — в $1^1/_2$ раза, сазана — в 2 раза; уловы всех групп сельдей снизились в 12 раз [25].

Изменившиеся условия потребовали от рыбного хозяйства значительных усилий для компенсации потерь продукции. В начале 50-х годов создается морской промысел анчоусовидной кильки, уловы которой в настоящее время составляют около 80 % рыбной продукции Каспийского моря. В эти же годы было положено начало искусственному воспроизводству осетровых в производственном масштабе, благодаря чему в последние годы уловы этих видов рыб превысили показатели 30-х годов в полтора раза и приближаются к уловам 1910—1913 гг. Общая производительность рыбоводных заводов составляет сейчас свыше 50 млн. штук жизнестойкой молоди в год. В исключительно трудных условиях М. А. Летичевскому удалось разработать и внедрить биотехнику промышленного разведения белорыбицы. Решены задачи создания нерестововырастных хозяйств для искусственного воспроизводства леща, судака и сазана. По оценке ВНИИРО и КаспНИИРХ, потенциальный улов наиболее ценных видов рыб (проходных и полупроходных) в Каспийском море в современных условиях при выполнении рыбохозяйственных требований оценивается в 200—230 тыс. т/год. Это в 2 раза меньше, чем в лучшие времена в прошлом, но примерно в 2,5 раза больше, чем уловы в последние годы. По осетровым потенциальные уловы (50 тыс. т/год) втрое превышают уловы 30-х годов и в два раза — современные. Для реализации этих показателей необходимо выполнение целого ряда рыбохозяйственных требований, прежде всего поддержание среднего многолетнего уровня моря на отметке не ниже —28,5 м БС. Этот уровень не является оптимальным для рыбного хозяйства; оно могло бы развиваться еще интенсивнее при более высоких отметках, но рассчитывать на поддержание повышенного уровня нереально. С точки зрения рыбного хозяйства средний многолетний уровень —28,5 м БС рассматривается как нижняя граница, при нарушении которой наступает резкое снижение рыбопродуктивности моря. Объясняется это спецификой рельефа морского дна в северной части Каспийского моря. При снижении уровня моря z площадь F лимитирующего сечения по линии о. Джамбай — о. Морской, разделяющей западную и восточную части Северного Каспия, уменьшается следующим образом:

z м БС	—28,5	—29,5	—30,5	—31,5
F км²	0,33	0,20	0,08	0

В результате при снижении уровня на 1 м по сравнению с современным начинается процесс изоляции восточной части Северного Каспия, для эффективного использования которой в рыбном хозяйстве стока р. Урала (около 3 % современного притока в Каспийское море) совершенно недостаточно. Акватория северной части Каспийского моря при снижении уровня до —29,5 м БС сократится с 78 000 до 63 000 км² или на 20 %, а площадь с соленостью более 12 ‰, непригодной для жизни солоноватоводной фауны моря, достигнет 40 000 км². Дополнительный ущерб рыбному стаду моря будет нанесен вследствие повышения мутности воды из-за более интенсивного взвешивания донных наносов при уменьшении глубин, а этот фактор существеннно ухудшит условия обитания рыбы, в особенности осетровых. По расчетам ВНИИРО и КаспНИИРХ, потенциальная рыбопродуктивность Каспийского моря по осетровым при понижении среднего многолетнего уровня моря на 1 м (по сравнению с —28,5 м БС) снижается в 2,5 раза; на 2 м — в 6 раз; по остальным ценным видам рыб пресноводного комплекса — соответственно в 3,4 и в 6 раз [125].

Наряду с рыбным хозяйством от снижения уровня воды понесут потери и другие отрасли народного хозяйства, так как практически весь современный хозяйственный комплекс сложился в условиях колебаний уровня моря вблизи отметки —28,5 м БС, значительные отклонения от которой в любую сторону поведут к необходимости затраты дополнительных средств. К таким отраслям относятся коммунальное хозяйство (для которого потери при снижении уровня моря выразятся в необходимости перестройки систем водоснабжения и канализации), сельское хозяйство (развитие эрозии в связи с понижением ее базиса), водный транспорт (увеличение землечерпания на выходе из Волги в Каспийское море, переустройство портового хозяйства), нефтяная промышленность (реконструкция эстакад морской нефте- и газодобычи и подъездных путей к ним). Более значительное понижение среднего многолетнего уровня моря, например на 4 м, приведет к усыханию северной части Каспийского моря и, возможно, к опасности более регулярного проникновения суховеев из Закаспия на Северный Кавказ [68].

Насколько реальна опасность снижения уровня моря в будущем? Попытки прогнозировать уровни моря делаются уже давно — с начала 30-х годов [99]. Много внимания уделялось разработке детерминированных методов прогноза, позволяющих связать уровень моря с различными атмосферными или астрофизическими характеристиками. Однако опыт практической реализации подобных методов показал, что надежного результата на этом пути получить не удается. Вопрос о возможностях прогнозирования уровня Каспийского моря по связи с индексами атмосферной циркуляции, числами Вольфа и другими астрофизическими характеристиками был подробно рассмотрен в последние годы И. А. Шикломановым и В. Ю. Георгиевским [124], следствием чего был вывод о ненадежности результатов, полученных этими методами. Тем са-

мым было еще раз подтверждено ранее сложившееся мнение большинства исследователей о реальной возможности прогнозирования уровня Каспийского моря только в вероятностной форме [69, 104].

Аналитическое решение задачи вероятностного прогноза уровня Каспийского моря, как и других замкнутых водоемов, было предложено С. Н. Крицким и М. Ф. Менкелем в 1946 г. [70]. Результаты прогноза по этому методу с использованием представленных в настоящей работе данных о водопотреблении приведены в п. 5.2.

Помимо уровня Каспийского моря, для рыбного хозяйства важнейшую роль играют объемы половодья, пропускаемые по р. Волге ниже Волгоградского водохранилища. Наблюдения в период 1960—1973 гг. привели ихтиологов к заключению, что весенние попуски 100—110 км^3 не являются оптимальными [25]. В то же время даже попуск 105 км^3 в течение 22 лет с 1960 г., как было уже отмечено выше, выполнялся лишь 9 раз; с тех пор изъятия из р. Волги еще больше увеличились. В этих условиях специалисты рыбного хозяйства решили, что более полноценным будет эффект от восточной хорошо обводняемой половины дельты, чем от всей дельты, обводняемой плохо. Эта идея и послужила основой сооружения Астраханского вододелителя в вершине дельты р. Волги, строительство которого закончилось в 1977 г. В условиях его работы средний многолетний попуск в 95—105 км^3 будет достаточным, а в маловодные годы 75—95 %-ной обеспеченности он может быть снижен соответственно до 83—67 км^3. Предварительные исследования показали, что даже в условиях вододелителя при уменьшении попуска по р. Волге на 15—20 % потенциальные уловы осетровых и полупроходных рыб снижаются в 2 раза [72]. Заметим еще, что при половодье объемом 105 км^3, удовлетворяющем интересы рыбного хозяйства в год 50 %-ной обеспеченности, одновременно выполняется требование сельского хозяйства о затоплении Волго-Ахтубинской поймы (максимальный расход половодья 25 000 м^3/с); в годы 75 %-ной обеспеченности соблюдение этого условия требует увеличения объема весеннего половодья на 7 км^3 по сравнению с рыбохозяйственными требованиями (90 вместо 83 км^3). Схемой Нижней Волги [116] предусматривается отказ от специального сельскохозяйственного попуска в год 75 %-ной обеспеченности в отдаленной перспективе, когда развитие оросительных систем на обвалованных участках волжской поймы позволит гарантированно снабжать кормами животноводство Астраханской области.

Для достижения потенциальных уловов в Каспийском море и для предотвращения снижения уже достигнутой его рыбопродуктивности в качестве первоочередного мероприятия выдвигается переброска части стока северных рек в бассейн р. Волги [25, 103, 125], обеспечивающая как поддержание среднего уровня моря вблизи отметки —28,5 м БС, так и необходимые попуски по р. Волге. В качестве первоочередной выдвигается также задача отсечения северо-восточных непродуктивных мелководий моря. Ставится еще цель — обеспечить максимальную экономию стока рек, питающих море, снижение темпов роста водопотребления

в бассейне моря с тем, чтобы они были функцией подпитки р. Волги северной водой. Большое значение придается дальнейшему развертыванию и совершенствованию искусственного воспроизводства рыбы при сохранении определенной доли естественного воспроизводства, необходимого для недопущения деградации генофонда; повышению эффективности использования Астраханского вододелителя, для которого должен быть разработан оптимальный режим управления [85]; прекращению работы Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС в режиме суточного и недельного регулирования в период нереста осетровых на Нижней Волге [25].

Азовское море. Рыбное хозяйство Азовского моря имеет важное значение для страны. Это море считается самым рыбопродуктивным водоемом Мирового океана — в 30-х годах здесь добывалось по 70—80 кг рыбы с 1 га в год. Как уже отмечалось в п. 2, за указанный период доля наиболее ценных видов рыб — осетровых и полупроходных (лещ, судак, сазан, шемая, тарань и другие) — снизилась с 45 до 5 %. Это связано с целым комплексом причин, в первую очередь с загрязнением морских вод и повышением их солености вследствие сокращения речного стока.

Приток речных вод в Азовское море в естественных условиях составлял в среднем 41 км^3/год. Из этого количества 20 км^3/год расходовалось на испарение с поверхности моря, а 21 км^3/год перетекало через Керченский пролив в Черное море. Площадь зеркала Азовского моря 37 000 км^2, объем воды в нем 324 км^3, что при притоке 41 км^3/год обеспечивало весьма высокий коэффициент водообмена — $^1/_8$. За счет опресняющего влияния речного стока средняя соленость Азовского моря держалась на уровне 10,5 ‰ (в Черном море 18 ‰). Пониженная соленость вместе с обильным биогенным притоком, поступающим по Дону и Кубани, и являлась причиной высокой рыбопродуктивности Азовского моря.

В современных условиях сток в Азовское море сократился почти на 12 км^3/год и составляет в среднем 29—30 км^3/год. На фоне роста загрязненности моря увеличение солености воды привело к существенной трансформации морской экосистемы. В промысловом стаде стали явно преобладать морские виды — хамса (азовский анчоус) и тюлька. Особенно тяжелыми были последствия маловодья 1972 — 1976 гг., когда средний приток к морю сократился до 22,6 км^3/год и соленость его достигла необычно высокой величины — 13,6 ‰ в 1977 г. [105]. Повышенная соленость способствовала акклиматизации в Азовском море черноморской медузы, которая ранее угнеталась низким содержанием солей. Встретив гораздо большую концентрацию кормов (фитопланктона), чем в Черном море, медуза очень быстро довела свою биомассу до 20 млн. т, составив существенную пищевую конкуренцию азовской рыбе; ее распространение, кроме того, значительно снизило рекреационную ценность азовских пляжей. Серьезную угрозу для кормовой базы рыбы представляет также вторжение из Черного моря хищного моллюска — рапаны, что опять-таки явилось следствием повышения солености. После ряда многоводных лет

(1977—1982 гг.) соленость моря снизилась до 11 ‰ в 1982 г., но стадо рыб пресноводного комплекса оказалось подорванным.

Исследования последних лет, выполненные в Институте водных проблем АН СССР (ИВП), позволяют достаточно просто и надежно прогнозировать среднюю соленость Азовского моря на перспективу в зависимости от начальной солености и притока пресных вод [105, 98]. В частности, получены следующие средние значения солености моря $\bar{s}$ при различных значениях притока речных вод w:

w км³/год . .	41	29	25	20
$\bar{s}$ ‰	10,3	13,7	15,1	17,6

Приведенные значения притока w характеризуют определенные этапы развития водопотребления в бассейне Азовского моря. Так, 41 км³/год — приток в Азовское море в естественных условиях, 29 км³/год — современный приток, 25 км³/год — поступление воды в море при максимально возможном водопотреблении в бассейнах рек Дона и Кубани по варианту регулирования стока этих рек существующими водохранилищами без учета рыбохозяйственных требований, наконец, 20 км³/год — приток к морю, который достаточен только для уравновешивания испарения с его поверхности, при этом соленость Азовского и Черного морей выравнивается.

Последние исследования ИВП [98] позволяют также при минимуме вычислений получить средние годовые значения солености на перспективу при заданных прогнозных значениях притока w и установить диапазон отклонений для любого доверительного интервала вероятности. Результаты таких расчетов были использованы автором для оценки рыбохозяйственного эффекта при различных вариантах водохозяйственной стратегии в бассейне Азовского моря. В результате анализа предложений прошлых лет и имеющихся технических возможностей были намечены три альтернативных варианта решения проблемы Азовского моря [23].

Вариант 1. Дальнейшее некомпенсируемое использование водных ресурсов бассейна Азовского моря до пределов, определяемых техническими и экономическими возможностями регулирования стока; при этом экосистема моря деградирует («нулевой» вариант).

Вариант 2. Восстановление притока к морю до значений, близких к естественным (41 км³/год) за счет переброски части стока северных рек через Волгу в Дон.

Вариант 3. Регулирование солености Азовского моря до значений, близких к естественным за счет строительства Керченского гидроузла при поддержании среднего притока к морю 28 км³/год.

В случае отсутствия специальных мероприятий (вариант 1) средний приток к морю при современных темпах развития орошения и других отраслей водного хозяйства уменьшится до 27 км³/год к 1990 г. и до 25 км³/год к 2000 г. Расчеты, выполненные под руководством автора в Союзгипроводхозе группой специалистов, возглавляемой Ю. М. Котляровым, дают возможность сделать вывод:

реальные возможности регулирования стока в бассейнах рек Дона и Кубани ограничены и не позволяют забрать из этих рек больше 4—5 км³/год сверх современных изъятий без нарушения нормальной обеспеченности водоснабжения (95 % бесперебойных лет) и орошения земель (75 % лет), даже при полном отказе от рыбохозяйственных попусков.

Таким образом, дальнейшего уменьшения притока к морю (меньше 25 км³/год) не произойдет, но и этого снижения достаточно, чтобы значительно ухудшить рыбохозяйственные и рекреационные условия на море. Как было показано выше, уменьшение притока до 25 км³/год приведет к увеличению средней солености до 15 ‰. В этих условиях промысел наиболее ценных рыб (пресноводного комплекса — проходных и полупроходных), составляющий в настоящее время около 5000 т (в том числе 1000 т осетровых), практически полностью прекратится. Акватория моря будет освоена черноморской медузой, что явно затормозит рекреационное освоение азовского побережья.

Вариант 2 с доведением притока к морю до наблюдавшегося в естественных условиях значения (41 км³/год) требует подачи в р. Дон дополнительного 13 км³/год воды из р. Волги с компенсацией этого объема переброской части стока северных рек. В этом случае через 15—20 лет после подачи воды в указанном объеме в Азовском море можно будет довести уловы рыбы до потенциальных: 120 000 т полупроходных и проходных рыб, в том числе 17 000 т осетровых. Расчеты показывают, что затраты на переброску (около 140 млн. руб. капиталовложений на 1 км³ переброски из северных рек в р. Волгу и 75 млн. руб/км³ — из р. Волги в р. Дон) не могут окупиться в нормативные сроки даже таким значительным приростом ценной рыбной продукции. Но сложность вопроса не только в этом. Как показано в главах 5 и 6, реальные возможности переброски северных вод в р. Волгу в ближайшие десятилетия не превысят 18—19 км³/год, что соответствует приросту водопотребления в бассейне Каспийского моря за предстоящие два десятилетия, включая переброску части стока р. Волги в р. Дон. Ясно, что переброска в р. Дон к 2000 г. до 17 км³/год (в том числе 12 км³/год — компенсация современного водопотребления и 5 км³/год — прирост водопотребления до 2000 г.) практически равна полному объему намечаемой первой очереди переброски северных вод в бассейн р. Волги. В этом случае ничего не остается для компенсации роста водопотребления в бассейне Каспийского моря, с чем нельзя согласиться.

Вариант 3 позволяет получить те же условия для развития полупроходных и проходных видов рыб, что и вариант 2, при среднем притоке к морю 28 км³/год за счет регулирования солености азовских вод посредством Керченского гидроузла. В этом случае потребность в переброске по сравнению с вторым вариантом уменьшается на 13 км³/год, что делает строительство гидроузла рентабельным и окупаемым доходом от рыбного хозяйства. Однако это

предложение, достаточно детально представленное Гидропроектом еще в 1971 г. в Схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Азовского моря, длительное время не получало поддержки из-за неясности вопроса о возможности прохода хамсы из Черного моря в Азовское весной после зимовки вследствие неспособности этой рыбы преодолевать скорости течения более 0,3 м/с. Уловы хамсы сейчас достигают 100—120 тыс. т, и отказываться от них на фоне дефицита сельдяных товаров в стране нецелесообразно, даже в пользу более ценной рыбной продукции.

В последние годы Гидропроектом и Институтом водных проблем АН СССР найдена возможность пропуска хамсы за счет уменьшения регулирующей способности гидроузла. По расчетам Т. А. Кочиной и Д. Я. Ратковича [67], гидроузел, работающий в таком режиме, по своему влиянию на соленость Азовского моря будет эквивалентен дополнительному притоку в море 5—8 км^3/год речных вод, а не 13 км^3/год, как получалось при работе гидроузла в режиме, исключающем пропуск хамсы. Но даже и при таком заниженном «эффекте» удельные затраты на 1 км^3/год сэкономленной воды в полтора—два раза ниже, чем на переброску части стока северных рек в р. Волгу и из р. Волги в р. Дон. Это позволяет рекомендовать данный вариант к осуществлению. При этом требуется не менее 28 км^3/год речных вод, что позволит поддержать среднюю соленость Азовского моря около 11,0—11,5 ‰.

Для высокопродуктивного рыбохозяйственного использования Азовского моря, помимо поддержания определенного среднего притока речных вод, требуется организация попусков по р. Дону для залития нерестилищ осетровых в объеме 5 км^3 в период с 15/III по 5/VI с обеспеченностью 85 % и полупроходных в объеме 12 км^3 с обеспеченностью 50—60 %. Это условие накладывает жесткие ограничения на водный баланс р. Дона.

Выше отмечалось, что любое решение по предупреждению деградации рыбного промысла на Азовском море и ухудшения рекреационной ценности моря требует переброски (начиная с 1985—1990 гг.) части стока р. Волги в р. Дон. Сейчас ведется разработка проекта канала переброски на объем 5,5 км^3/год [29]. Ясно, что каждый кубический километр переброски из р. Волги увеличивает расходную часть водного баланса Каспийского моря. Поскольку средний приток в Азовское море сейчас примерно в 10 раз меньше, чем в Каспийское, а потенциальные уловы в Азовском составляют $^1/_3$ от уловов в Каспийском, ясно, что при том же объеме воды в Азовском море будет получен больший эффект. Данный вывод поддерживается учеными Института водных проблем АН СССР [105], отмечающими, что «время коррелирования солености Азовского моря при среднем притоке 35—40 км^3/год составляет около шести лет [98], а время коррелирования уровня Каспийского моря — несколько десятилетий. Это определяет приоритет Азовского моря по сравнению с Каспийским при компенсации кратковременных отклонений солености и уровня от заданного». Конечно, и интересы Каспийского моря должны строго соблюдаться, по-

этому объемы переброски в р. Дон строго ограничены. Но для Каспийского моря играет роль средний многолетний объем переброски в р. Дон, а колебания его от года к году не так существенны. Поэтому в перспективе было бы целесообразно увеличить пропускную способность тракта переброски Волга—Дон, чтобы при сохранении среднего объема переброски увеличивать его в маловодные периоды (подобные 1972—1976 гг.) за счет сокращения в многоводные периоды. В этом случае условия рыбоводства в Азовском море существенно улучшатся.

5. ОБЪЕМЫ И РЕЖИМ ПЕРЕБРОСКИ ЧАСТИ СТОКА СЕВЕРНЫХ РЕК В БАССЕЙН РЕКИ ВОЛГИ

5.1. Суммарное водопотребление и водохозяйственный баланс бассейнов рек Каспийского и Азовского морей

В гл. 4 приведены сведения о современном и перспективном безвозвратном водопотреблении и требованиях к попускам по рекам юга Европейской части РСФСР для нужд рыбного хозяйства, водного транспорта и гидроэнергетики. Суммируя эти требования, мы подходим к главному вопросу данного исследования — прогнозу той доли перспективного безвозвратного водопотребления из бассейнов Каспийского и Азовского морей, которая должна быть компенсирована подачей вод севера ЕТС. Результаты указанного обобщения представлены в табл. 13, где приведен водохозяйственный баланс рек бассейнов Каспийского и Азовского морей в современных условиях и на уровне отдаленной перспективы, для которого определяются параметры первой очереди территориального перераспределения речного стока [13].

Водные ресурсы (табл. 13) представляют собой сумму естественного стока, приведенного в п. 2.2 (табл. 2), и локальных перебросок в данный бассейн извне (переброска 0,9 км^3/год в р. Волгу из Верхней Мсты). Объем использования подземных вод, не связанных с поверхностным стоком, в водные ресурсы не включается, а вычитается из полного изъятия на нужды водоснабжения. Безвозвратное водопотребление промышленности, коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения, прудового рыбоводства принято по данным пп. 4.1 и 4.4 и считается практически одинаковым в годы различной водности и засушливости. В противоположность этому водопотребление орошаемого земледелия и испарение с поверхности водохранилищ в соответствии с практикой, внедренной автором в Союзгипроводхозе начиная с 1974 г. и в настоящее время закрепленной в методических рекомендациях СЭВ по составлению водохозяйственных балансов [84], принимаются переменными в зависимости от засушливости года, а сами водобалансовые расчеты выполняются по ряду лет. В табл. 13, данные кото-

ТАБЛИЦА 13

Водохозяйственный баланс речных бассейнов Каспийского и Азовского морей в годы различной обеспеченности стока, км³/год

Бассейн реки	Годовой сток при обеспеченности P			Безвозвратное водопотребление						Попуски для рыбного и сельского хозяйства, судоходства, гидроэнергетики, санитарные			Водопотребление и попуски			Баланс (+ избыток, — дефицит)		
				водоснабжение, прудовое рыбоводство	испарение с поверхности водохранилищ	орошаемое земледелие		переброска в смежные бассейны										
	50 %	75 %	95 %			P=50 и 75 %	P=95 %	P=50 и 75 %	P=95 %	P=50 %	P=75 %	P=95 %	P=50 %	P=75 %	P=95 %	P=50 %	P=75 %	P=95 %
Современный уровень (1980 г.)																		
Волга	255	223	185	5,9	5,2	8,8	7,0	0,2	0,2	236	212	174	256	232	192	—1	—9	—7
Урал	11,4	6,2	2,7	0,4	0,2	1,3	1,1	—	—	8,4	5,7	1,3	10,3	7,6	2,8	1,1	—1,4	—0,1
Терек	11,6	10,3	8,75	0,3	—	5,2	4,2	—	—	2,0	2,0	1,0	7,5	7,5	5,5	4,1	2,8	3,25
Сулак	5,64	5,0	4,25	0,12	0,03	0,82	0,66	—	—	1,35	1,35	1,13	2,32	2,32	1,94	3,32	2,68	2,31
Кура	27,6	24,2	20,2	0,5	0,5	13,6*	10,9	—	—	5,9	5,9	5,1	20,5	20,5	17,0	7,1	3,7	3,2
Дон	27,9	20,2	13,1	2,0	1,7	5,6	4,5	—	—	16,3	13,3	9,1	25,6	22,6	17,3	2,3	—2,4	—4,2
Кубань	13,4	11,8	9,92	1,2	0,1	5,6	4,5	—	—	6,4	4,9	1,9	13,3	11,8	7,7	0,1	0	2,22
Отдаленная перспектива																		
Волга	255	223	185	6,9	6,9	18,8	15,0	9,5	8,5	236	205	174	278	247	211	—23	—24	—26
Урал	11,4	6,2	2,7	—0,2**	0,2	1,6	1,3	—	—	8,4	5,7	1,3	10	7,3	2,6	1,4	—1,1	0,1
Терек	11,6	10,3	8,75	0,3	0,1	5,1	4,1	—	—	2,0	2,0	1,0	7,5	7,5	5,5	4,1	2,8	3,25
Сулак	5,64	5,0	4,25	0,19	0,04	1,38	1,1	—	—	1,35	1,35	1,13	2,96	2,96	2,46	2,68	2,04	1,79
Кура	27,6	24,2	20,2	0,7	0,9	15,2*	12,2	—	—	5,9	5,9	5,4	22,7	22,7	21,4	4,9	1,5	1,0
Дон	27,9	20,2	13,1	3,8	1,8	10,4	8,3	—	—	16,3	13,3	9,1	32,3	29,3	23,2	—4,4	—9,1	—10,1
Кубань	13,4	11,8	9,92	1,5	0,1	7,0	5,6	—	—	5,0	4,1	1,9	13,6	12,7	9,1	—0,2	—0,9	0,82

* В том числе водопотребление в Турции и Иране 1,9 км³/год на современном уровне и 2,2 км³/год в отдаленной перспективе.

** Использование подземных вод, не связанных с речным стоком, превышает изъятия на водоснабжение.

рой представляют собой результаты этих расчетов, водопотребление орошаемого земледелия принято для года 75 %-ной обеспеченности по засушливости, поскольку (как показано в п. 4.2) оно определено как расчетное, которое должно быть обеспечено в 75 % лет по водности (в годы, когда речной сток имеет обеспеченность 95 %, расчетное водопотребление уменьшается на 20 %). Испарение с поверхности водохранилищ в табл. 13 дается в виде средних многолетних данных.

Среди компонентов безвозвратного водопотребления значительный объем приходится в отдаленной перспективе на переброски в смежные бассейны. В современных условиях такие переброски имеют место в очень незначительном объеме из бассейна р. Волги в Свердловскую и Челябинскую области. В отдаленной перспективе эта переброска увеличится до 0,9 км³/год; к ней добавятся три крупные системы:

— из р. Волги в р. Дон в объеме до 5,5 км³/год по каналу севернее г. Волгограда [29];

— из р. Оки в бассейн р. Дона в размере 1,4 км³/год по системе Ока—Дон—Оскол;

— из р. Волги в р. Урал со сбросом в р. Урал ниже г. Уральска в объеме 1,7 км³/год, в том числе 1,1 км³/год для улучшения условий нереста рыбы в низовьях этой реки.

Попуски по рекам определяются по результатам сравнения требований водного транспорта, гидроэнергетики, рыбного хозяйства (изложены по основным рекам в пп. 4.3 и 4.4) и санитарии; суммарный гидрограф попусков определен как огибающий по всем перечисленным водопользователям. В частности, на р. Волге объем весеннего попуска (с апреля по июнь включительно), как было показано в п. 4.4, должен достигать в средний по водности год 105 км³, в маловодный год 75 %-ной обеспеченности 90 км³ на современном уровне и 83 км³ в отдаленной перспективе, после снятия требований на формирование специального сельскохозяйственного попуска; в очень маловодный год 95 %-ной обеспеченности 67 км³. Рыбохозяйственные попуски меньших размеров необходимы и в остальные сезоны года (например, осенью для прохода на нерест «озимого» осетра). В период с июля по ноябрь лимитирующим может выступать и навигационный попуск с расходом 4000 м³/с. С декабря по февраль обязательным является энергетический попуск порядка 4500 м³/с, соответствующий проектной гарантированной мощности трех нижневолжских ГЭС. В результате при обеспеченности стока 50; 75 и 95 % суммарный попуск в низовьях р. Волги получен соответственно равным 236; 212(205) и 174 км³.

К суммарному объему попусков, поступающих в Каспийское и Азовское моря, предъявлялось также требование, чтобы их среднее многолетнее значение было не менее 263 км³/год для Каспийского моря (что вместе с подземным притоком 5 км³/год дает 268 км³/год, т. е. норму испарения с поверхности моря при отметке —28,5 м БС) и 28 км³/год для Азовского.

Необходимые объемы территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР определяются исходя из двух условий: 1) для снятия дефицита воды в отдельных речных бассейнах региона и 2) для поддержания равновесия водного баланса Каспийского и Азовского морей. Данные табл. 13 позволяют определить необходимые объемы переброски исходя из первого условия.

На современном уровне уже отмечается некоторый, хотя и небольшой (9 км^3/год) дефицит баланса в год 75 %-ной обеспеченности на р. Волге. Это соответствует реальной обстановке, так как уже многие годы не удается удовлетворить требования гидроэнергетики, водного транспорта и рыбного хозяйства, в результате чего фактические попуски на Нижней Волге в период половодья меньше нормативных для залития нерестилищ. На уровне отдаленной перспективы дефицит воды в бассейне р. Волги достигает 23—26 км^3/год, что определяет потребность в «северном питании». При этом намечается устранить на этом уровне дефицит воды в бассейне р. Дона за счет переброски части стока р. Волги в объеме 5,5 км^3/год по каналу, проектируемому севернее г. Волгограда, и 1,4 км^3/год по намечаемой системе Ока — Дон — Оскол.

По бассейнам рек Урала, Куры и Кубани в отдаленной перспективе будет иметь место практически полное исчерпание располагаемых водных ресурсов. Развитие орошения в этих бассейнах намечено в строго ограниченных размерах (п. 4.2).

При анализе данных табл. 13 может показаться, что р. Терек как в современных, так и в перспективных условиях имеет резервы воды. Фактически уже сейчас водный баланс речного бассейна находится в близком к предельному состоянию из-за отсутствия регулирующих емкостей, и в перспективе возможности их создания весьма ограничены. Сейчас исследуется вопрос о создании Терско-Малкинского водохранилища в среднем течении реки. Что касается водохранилища в низовьях р. Терека, где оно может быть только наливным, то здесь еще многое остается неясным. Поэтому масштабы развития орошаемого земледелия в бассейне р. Терека в настоящей работе приняты умеренными, причем весь прирост площадей вводится за счет экономии воды, которая сейчас в бассейне р. Терека используется еще неэффективно.

Таким образом установлено, что в системе территориального перераспределения речного стока РСФСР (по условиям роста водопотребления) в дотации нуждаются только бассейны рек Волги и Дона, а для улучшения условий естественного воспроизводства осетровых требуется также подача небольшого объема воды в бассейн р. Урала. Водным объектом, определяющим масштабы перераспределения, является Каспийское море.

Для установления дефицита водного баланса Каспийского моря необходимо трансформировать данные о водопотреблении табл. 13. Во-первых, Каспийское море, имея огромную площадь зеркала воды, само регулирует колебания притока с коротким циклом, и поэтому водопотребление орошаемого земледелия (при расчете

баланса Каспийского моря) принимается средним многолетним. Во-вторых, часть водопотребления орошения, безвозвратного для реки, не является безвозвратным для моря, так как вода с прибрежных оросительных систем возвращается непосредственно в море. В-третьих, переброска волжской воды в р. Урал, не являющаяся потерей для Каспийского моря, не включается в данном случае в объем безвозвратных изъятий из р. Волги. И, наконец, из водопотребления на орошение исключены изъятия до 30-х годов в размере 8 км³/год по всему бассейну моря [69].

Результаты расчетов уменьшения притока речных вод в Каспийское море вследствие безвозвратных изъятий из рек его бассейна (по сравнению с периодом до 30-х годов, т. е. до начала крупного гидростроительства на Волге) приведены в табл. 14 [14].

Безвозвратное водопотребление из рек Ирана принято по оценке И. А. Шикломанова и В. Ю. Георгиевского [124].

ТАБЛИЦА 14

Уменьшение притока воды в Каспийское море по сравнению с периодом до 30-х годов (средние многолетние значения), км³/год

Бассейн реки	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Волга	6,3 / 18,5	9,2 / 21,9	13,9 / 26,9
В т. ч. переброска в бассейн р. Дона	—	0,7 / 2,7	2,8 / 5,9
Урал	1,2 / 1,8	1,3 / 1,6	1,3 / 1,5
Терек	3,1 / 3,4	3,4 / 3,6	3,3 / 3,7
Сулак	0,4 / 0,5	0,5 / 0,7	0,7 / 0,9
Самур	1,0 / 1,3	0,9 / 1,2	1,0 / 1,3
Кура	6,6 / 8,5	7,3 / 9,8	8,0 / 10,9
Реки Ирана	— / 2,6	— / 3,3	— / 4,0
Всего	18,6 / 36,6	23,0 / 44,8	31,0 / 55,1

Примечание. В знаменателе — общее уменьшение притока; в числителе — за счет орошения в пределах СССР.

Для правильного выбора параметров первой очереди территориального перераспределения водных ресурсов РСФСР необходимо оценить перспективы дальнейшего развития систем переброски воды. С этой целью следует рассмотреть достаточно отдаленное будущее. Принципы прогноза развития наиболее крупного водопотребителя — орошаемого земледелия — на перспективу до 50 лет изложены в п. 4.2. Безвозвратное водопотребление промышленного, коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения в следующем веке принимается растущим теми же темпами, что и в период 1980—2000 гг., с очень небольшим земледелием. Суммарные показатели по бассейну Каспийского моря на дальнюю перспективу приведены в табл. 15.

ТАБЛИЦА 15

Суммарное уменьшение притока в Каспийское море по сравнению с периодом до 30-х годов, км³/год

Водопотребители	Год					
	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Водоснабжение	5,6	8,5	9,4	11,3	13,1	14,8
Орошение	18,6	23,0	31,0	39,6	44,9	47,6
Испарение с водохранилищ и наполнение новых	8,9	7,5	8,1	9,2	10,1	10,3
Подача в Азовское море	—	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Водопотребление в Турции и Иране (включая бассейн р. Аракс)	3,5	4,4	5,2	5,5	5,8	6,1
Всего	36,6	44,8	55	67	75	80

Безвозвратное водопотребление после 2030 г. предполагается стабилизировавшимся в связи с тем, что в этот период площади орошения, по гипотезе автора (п. 4.2), не будут больше расти. За счет дальнейшего совершенствования технологии использования воды в орошаемом земледелии будет компенсирован прирост всех других видов водопотребления.

5.2. Объемы, сроки и режим переброски стока

Расчетные значения водопотребления, представленные в табл. 13 и 15, дают возможность определить потребность в переброске вод северных рек в бассейн р. Волги (табл. 16). При этом средний многолетний объем переброски $\overline{W}_{\text{перебр}i}$, исходя из необходимости поддержания биологической продуктивности Каспийского моря, определяется по балансовому выражению

$$\overline{W}_{\text{перебр}i} = \overline{W}_{\text{из}i} - (\overline{W}_{\text{ест}} - \overline{E}),$$

ТАБЛИЦА 16

Потребные средние многолетние объемы и сроки переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги, км³/год

	Год						
	1980	1990	2000	2010	2020	2030	после 2030 г.
По условиям водного баланса р. Волги (в год 75 %-ной обеспеченности)	2	13	23				
По условиям водного баланса Каспийского моря	2	10	20	32	40	45	45

где $\overline{W}_{ест}$ — средний многолетний поверхностный и подземный приток в море в естественных условиях, равный 303 км³/год (см. п. 4.4);

$\overline{W}_{из i}$ — прирост изъятий из бассейна Каспийского моря в i-м году по сравнению с периодом до 30-х годов, км³/год; E — среднее многолетнее видимое испарение (испарение за вычетом осадков) с поверхности моря при уровне —28,5 м БС, равное 268 км³/год.

Как видно из данных табл. 16, потребность в воде для переброски по условиям водности р. Волги и Каспийского моря практически совпадает.

Анализ возможных сроков осуществления переброски части стока северных рек в Волгу (см. гл. 6) показал, что при максимальном ускорении работ можно примерно к 1995 г. ввести в действие системы первого этапа первой очереди переброски в объеме 5,8 км³/год. В лучшем случае, только к концу столетия объем переброски может быть доведен до 9 км³/год. Целесообразно к этому же сроку осуществить отсечение северо-восточных малопродуктивных для рыбного хозяйства мелководий Каспийского моря, что даст экономию воды в 5—6 км³/год. Для компенсации все возрастающего безвозвратного водопотребления в бассейне Каспийского моря в следующем столетии возможно потребуется строительство систем второй очереди переброски — из рек Нижней Сухоны и Малой Северной Двины в объеме 10 км³/год и из Онежской губы Белого моря в размере 37—38 км³/год. Прогноз динамики уровня Каспийского моря в условиях проведения этих мероприятий (на основе методики С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля) приведен в табл. 17 и на рис. 5.

Ввод в действие систем переброски в объеме 18—19 км³/год [21] принят в качестве первой очереди в результате тщательного анализа и длительных обсуждений как совместное решение ряда проектных и научно-исследовательских организаций, а также заинтересованных министерств, ведомств и плановых органов. Эти объемы рассматриваются как максимум реальных возможностей страны по условиям выделения капиталовложений и материаль-

ТАБЛИЦА 17

Вероятностный прогноз среднего

Вариант	Сроки ввода систем переброски и других мероприятий						
	озера Лача, Воже, Кубенское и р. Сухона 5,8 $\frac{км^3}{год}$	мелководья северо-восточной части Каспийского моря 5,5 $\frac{км^3}{год}$	Онежское озеро 3,5 $\frac{км^3}{год}$	р. Печора 9,8 $\frac{км^3}{год}$	Нижняя Сухона 10,2 $\frac{км^3}{год}$	Онежская губа 18,8 $\frac{км^3}{год}$	Онежская губа до 37,7 $\frac{км^3}{год}$
При средних многолетних							
Без переброски; рост водопотребления на орошение прекращается с 2000 г.	—	—	—	—	—	—	—
С переброской в форсированные сроки	1990	2000	1995	2000	2005	2010	—
С переброской в реальные сроки	1995	2000	2000	2005	2010	2015	—
С задержкой переброски на 5 лет	2000	2005	2005	2010	2015	2020	—
С задержкой переброски на 10 лет	2005	2010	2010	2015	2020	2025	—
В условиях маловодья							
Без переброски; рост водопотребления на орошение прекращается с 2000 г.	—	—	—	—	—	—	—
Переброска в реальные сроки	1995	2000	2000	2005	2010	2015	2020
В условиях многоводья							
Без переброски; рост водопотребления на орошение прекращается с 2000 г.	—	—	—	—	—	—	—
С переброской в реальные сроки	1995	2000	2000	2005	2010	2015	—
С задержкой переброски на 5 лет	2000	2005	2005	2010	2015	2020	—

годового уровня Каспийского моря

Уровень моря, м БС							
1985 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2020 г.	2030 г.	2040 г.	2050 г.
гидрометеорологических условиях							
—28,0	—28,2	—28,7	—29,3	—29,8	—30,2	—30,5	—30,8
—28,0	—28,2	—28,5	—28,5	—28,2	—28,1	—28,1	—28,1
—28,0	—28,2	—28,6	—28,8	—28,6	—28,3	—28,3	—28,2
—28,0	—28,2	—28,7	—29,2	—29,2	—28,8	—28,6	—28,5
—28,0	—28,2	—28,7	—29,3	—29,5	—29,3	—29,0	—28,7
(обеспеченность $P=75$ %)							
—28,0	—28,4	—29,2	—29,9	—30,4	—30,8	—31,2	—31,5
—28,0	—28,4	—29,1	—29,4	—29,2	—28,5	—28,2	—27,9
(обеспеченность $P=25$ %)							
—28,0	—28,0	—28,3	—28,8	—29,2	—29,6	—29,9	—30,1
—28,0	—28,0	—28,2	—28,3	—28,0	—27,8	—27,7	—27,6
—28,0	—28,0	—28,3	—28,5	—28,5	—28,2	—28,0	—27,8

ных ресурсов на ближайшую перспективу, и именно они предопределили соответствующие темпы развития водоемких отраслей в бассейнах Каспийского и Азовского морей, в первую очередь орошаемого земледелия, до конца нынешнего столетия. Ранее

Рис. 5. Прогноз уровня Каспийского моря в средних гидрометеорологических условиях.

а — колебания уровня моря, *б* — объемы переброски, *в* — объемы изъятия стока из бассейна Каспийского моря; *1* — без переброски, с прекращением роста водопотребления на орошение после 2000 г., *2* — с переброской в соответствии с графиком *б*, *3* — с задержкой переброски на 5 лет, *4* — то же, на 10 лет, *5* — уровень, необходимый для рыбного хозяйства, *6* — переброска в реальные сроки в средних гидрометеорологических условиях, *7* — то же, в условиях маловодья, *8* — рост водопотребления при компенсации водоотбора переброской, *9* — то же, без переброски.

предполагалось, что в эти же сроки будет осуществлена переброска до 35—40 км³/год [14, 59], но доводы научно-исследовательских организаций о нереальности и нецелесообразности таких темпов привели к выработке согласованной позиции [21, 40].

При принятых темпах проведения мероприятий по переброске стока и отсечению мелководий снижение уровня Каспийского моря в средних гидрометеорологических условиях произойдет не ниже отметки —28,8 м БС, тогда как задержка их на 5 и 10 лет

может привести к понижению уровня соответственно до —29,2 м и —29,5 м БС. Губительное для рыбного хозяйства стояние ниже отметки —29,0 м будет при этом продолжаться соответственно 15 и 30 лет. При полном отсутствии переброски развитие водопотребления в бассейне Каспийского моря (в первую очередь орошаемого земледелия) рано или поздно должно быть прекращено. Уровень моря в варианте без переброски стока на рис. 5 и в табл. 17 определен в предположении, что безвозвратное водопотребление на орошение стабилизируется в 2000 г.

Ограничение снижения уровня моря при средних многолетних гидрометеорологических условиях до —28,8 м БС представляется достаточно хорошим результатом намечаемой переброски, поскольку рыбохозяйственная продукция Каспийского моря при этом не намного меньше, чем при уровне —28,5 м БС. Задержка с выходом на оптимальный уровень —28,5 м БС является результатом сопоставления требуемой концентрации капиталовложений и других ресурсов с реальными возможностями. При этом необходимо учесть, что в соответствии с изложенными в п. 3 концепциями темпы роста водопотребления в бассейне Каспийского моря приняты минимальными, а мероприятия по экономии воды — максимальными, в частности, реконструкция устаревших оросительных систем, сравнительно высокая доля капельного и мелкодисперсного орошения, более полное использование подземных вод, наконец, отсечение северо-восточных мелководий моря. И даже в этом случае потребуется значительная концентрация сил, что не позволяет получить более желательный результат по Каспийскому морю, т. е. вообще не допускать снижения уровня ниже —28,5 м БС в средних гидрометеорологических условиях.

6. ВАРИАНТЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ВЛИЯНИЕ НАМЕЧАЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

6.1. Формирование вариантов переброски части стока северных рек в р. Волгу

В гл. 1 дан обзор истории формирования вариантов перераспределения водных ресурсов Европейской части РСФСР. Из представленных сведений видно, что часть вариантов была разработана очень давно: почти все системы переброски, которые в настоящее время отобраны в состав I очереди, были предложены еще в 30-х годах [95]; разница имеется лишь в параметрах и местоположении сооружений и каналов. Другие предложения, как, например переброска из Онежской губы Белого моря, выдвинутое Г. А. Израеляном в 1973 г. [31], появились значительно позже. За прошедшие десятилетия возможных вариантов было выдвинуто, по-видимому, достаточно, чтобы считать, что они в целом охватывают

весь диапазон разумных и целесообразных решений. К моменту начала основных научно-исследовательских и проектных работ над рассматриваемой проблемой появилась необходимость систематизировать все множество выдвинутых вариантов.

В 1976 г. Г. В. Воропаевым [39] были выделены четыре варианта схемы территориального перераспределения речного стока СССР.

Первый вариант предусматривает водообеспечение ЕТС и АТС путем строительства каналов: северные реки ЕТС—Волга, Дунай—Днепр, Волга—Дон и Урал, Обь—Тургай—Средняя Азия.

Второй вариант предусматривает объединенное водообеспечение ЕТС и АТС, осуществляемое каналами: северные реки—Волга, Нижняя Обь—Печора—Волга, Дунай—Днепр, Волга—Дон, Волга—Урал—Сырдарья и Амударья.

Третий вариант предусматривает решить проблему посредством строительства Черноморско-Каспийского канала, а водообеспечение юга Европейской части РСФСР, Средней Азии и Казахстана — за счет отъемов воды из р. Волги в каналы Волга—Дон, Волга—Урал—Средняя Азия. Как и во всех остальных схемах, водообеспечение юга Украины и Молдавии решается строительством канала Дунай—Днепр.

Четвертый вариант был назван автором «Единая водохозяйственная система» и включал в себя каналы: северные реки ЕТС—Волга, Нижняя Обь—Печора—Волга, Дунай—Днепр, Черное море—Каспийское море, Волга—Дон, Волга—Урал—Сырдарья, Верхняя Обь—Сырдарья, Тургай—Балхаш, Тургай—Фергана.

За время, прошедшее после начала исследований, выявились преимущества отдельных вариантов. В частности, была установлена неконкурентоспособность подачи воды в район Аральского моря из р. Волги (при подпитывании ее водой северных рек ЕТС или из низовий Оби) по сравнению с переброской части стока р. Оби через Тургайскую впадину [46, 103]. Была доказана также нецелесообразность строительства Черноморско-Каспийского канала, который намечалось провести от г. Анапы вдоль берега Азовского моря, а затем по долинам рек Маныча и Кумы [52]. Этот канал по удельным (на 1 км^3/год переброски) капиталовложениям и ежегодным издержкам не имеет преимущества перед переброской северных вод, но в отличие от последней он решает только одну задачу — поддержания уровня Каспийского моря, не выполняя остальных рыбохозяйственных требований: залития нерестилищ на Нижней Волге, обеспечения надлежащего распределения зон распресненных вод в северной части Каспийского моря. Для выполнения последнего требования этот канал рассматривался в водохозяйственной схеме Нижней Волги [116] в сочетании с дамбой, отсекающей северную часть Каспийского моря (предложение Б. А. Аполлова [9], описанное в п. 3.5); это значительно увеличило стоимость, не решило вопрос полностью, а добавило новые проблемы — невозможность миграции осетровых через дамбу, необходимость возведения в теле дамбы насосной станции для регулиро-

вания солености. Кроме того, было признано, что в результате вселения в Каспийское море чужеродных видов (и в первую очередь черноморской медузы, которая для Каспийского моря особенно опасна), этот дорогостоящий канал может стать причиной деградации всей экосистемы Каспийского моря [52]. Переброска больших объемов черноморской воды в Каспийское море далеко не безопасна и для Черного моря, нарушение водного баланса которого может привести к усилению его евтрофирования, к подъему верхней границы сероводородной зоны и т. п.

В настоящее время представляется наиболее перспективным первый вариант (по классификации Воропаева). Впрочем, в этой классификации название «Единая водохозяйственная система» не следует монопольно присваивать четвертому варианту, поскольку оно в равной степени может быть отнесено к каждому из рассмотренных вариантов. По нашему представлению, термин «единая» не означает, что обязательно все основные реки должны быть связаны крупными каналами, а скорее отражает то положение, что на всей территории осуществляется единая система водохозяйственных мероприятий, включающих в себя регулирование стока водохранилищами, локальные, межбассейновые и межрегиональные переброски и т. д.

В свете отмеченного основные конкурирующие варианты главного элемента системы территориального перераспределения водных ресурсов Европейской части РСФСР — переброски части стока северных рек в р. Волгу — распределены автором по следующим четырем группам [23].

1. Переброска по основным руслам рек. В этой группе рассматриваются варианты с забором воды из рек севера ЕТС и подачей в р. Волгу по основному стволу речной системы, используемому в качестве антиреки, со строительством водохранилищ для повышения равномерности подачи воды. Решения такого типа прорабатывались в Гидропроекте для бассейнов рек Невы, Выга, Кеми, Ковды, Онеги, Северной Двины (с Сухоной и Вычегдой), Мезени и Печоры.

2. Переброска по руслам притоков. В этих вариантах для транспортировки воды используется не основной ствол реки, а русло одного из притоков, имеющего меньшую длину и более узкую долину (для уменьшения площади затоплений). Такие варианты рассмотрены Союзгипроводхозом и Гидропроектом для бассейнов рек Северной Двины (переброска по Ваге и Емце) и Печоры (по Пижме, Ижме, Шугору, Подчерью и Илычу в Каму).

3. Использование морских акваторий. В вариантах этой группы регулирование перебрасываемого стока (для повышения равномерности водоподачи на юг) осуществляется не в водохранилищах на трассе переброски, а в эстуарных областях рек-доноров («морские водохранилища») без затопления суши. Принципиальная возможность создания таких водохранилищ выявлена в Онежской и Печорской губе. Варианты этой группы, из которых переброска

Рис. 6. Варианты переброски части

1 — гидроузлы и трассы, рассмотренные Гидропроектом с детальностью ТЭО, *2* — направле Союзгипроводхозом с детальностью схемы, *4* — существующие гидроузлы.

стока северных рек в бассейн р. Волги.

ния, рассмотренные Гидропроектом с детальностью схемы, *3* — направления, рассмотренные
Цифрами указаны объемы переброски, км³/год.

из Онежской губы имеет явное преимущество, проработаны Союзгипроводхозом.

4. Подача воды из Оби. В этой группе переброска в р. Волгу намечается из р. Оби через Уральский хребет и р. Печору. Такая переброска в семи вариантах схематически рассмотрена Гидропроектом.

Ниже приводится характеристика технических решений по вариантам каждой группы (рис. 6).

6.1.1. Переброска по основным руслам рек Севера

Близость к невско-волжскому водоразделу крупных естественных регуляторов стока — Онежского и Ладожского озер — обусловливает возможность использования их водных ресурсов для подачи в бассейн р. Волги. При рассмотрении этой возможности были приняты следующие природоохранные ограничения: не должен меняться естественный диапазон колебаний уровней озер и продолжительность их стояния вблизи максимальных и минимальных отметок; сток р. Невы (норма 79 км^3/год) в маловодные годы не уменьшается более чем до 50 км^3/год с обеспеченностью 95 %. При снижении водности р. Невы до расхода 1200 м^3/с переброска прекращается (санитарный расход 95 %-ной обеспеченности в р. Неве равен 940 м^3/с).

В качестве первой очереди намечен отъем 3,5 км^3/год (менее 20 % притока в Онежское озеро), что почти не требует расширения Волго-Балтийского водного пути, по которому можно подавать воду из Онежского озера в оз. Белое, затем в Шекснинское и, наконец, в Рыбинское водохранилище на р. Волге. Рассмотрены пределы, до которых может быть доведен объем переброски из Онежского озера без нарушения перечисленных выше природоохранных ограничений — они оказались равными 14—15 км^3/год. Однако уже при отъеме 7 км^3/год для обеспечения заданного стока в р. Неву потребуется строительство Невского гидроузла в истоке этой реки из Ладожского озера, а при переброске 15 км^3/год гидроэлектростанции Свирского каскада в отдельные периоды не будут функционировать. По трассе Волго-Балтийского водного пути для переброски необходимо сооружение пяти насосных станций в створах действующих судоходных шлюзов на р. Вытегре. Общая высота водоподъема 81 м (с отметки 33 до 114 м БС). Расход канала и насосных станций первой очереди 148 м^3/с, зимой (подо льдом) 74 м^3/с. Далее вода самотеком через оз. Белое и Шекснинское водохранилище поступит в Рыбинское водохранилище.

Амплитуда колебаний и длительность стояния различных уровней воды в Онежском озере при переброске из него части речного стока не изменяются. Так как вода забирается на юге Онежского озера, т. е. близко от истока р. Свири, влияние переброски, как показали результаты математического моделирования [54], скажется на режиме течений менее чем на 10 % площади озера (при

отъеме 7 км³/год). Не изменятся также уровни на р. Свири, поскольку они регулируются плотинами двух ГЭС.

Через Онежское озеро в р. Волгу можно подать часть стока рек Карелии—Выга, Кеми и Ковды в объеме около 10 км³/год. Наиболее просто осуществить сброс в Онежское озеро вод р. Выг (3,4 км³/год), по которой проходит трасса Беломорско-Балтийского канала. Следующий шаг — подсоединение к этой трассе вод р. Кеми из ее низовья (2,3 км³/год). На заключительном этапе в р. Кемь перебрасывается часть стока р. Ковды из Пяозера и Топозера (4,3 км³/год).

В качестве первой очереди переброски из бассейна р. Онеги намечается подача из озер Лача и Воже в Кубенское озеро, а из него по системе каналов в Шекснинское и далее в Рыбинское водохранилища. При переброске необходимые попуски в р. Онегу обеспечиваются за счет притока в оз. Лача, а для подачи в р. Волгу в основном будет использоваться приток в оз. Воже. Между двумя озерами на р. Свидь намечается насосная станция с подъемом воды на 4 м и пропускной способностью 50 м³/с для подачи избытка стока оз. Лача на южный склон. Соединение озер Воже и Кубенского намечается каналом с уровнем воды 123 м БС и расходом 150 м³/с с Ухтомицкой ГЭС в конце канала. Средний многолетний объем переброски 1,8 км³/год.

Дальнейшее развитие переброски из р. Онеги потребует постройки в основном русле восьми низконапорных и одного средненапорного (Ярнемского) гидроузлов, располагающихся каскадом почти до устья реки. Это позволит дополнительно подать в оз. Кубенское и затем в Рыбинское водохранилище около 6 км³ воды в год.

Переброску стока из бассейна р. Северной Двины возможно осуществить последовательно и по разным трассам водоподачи: из оз. Кубенского, р. Сухоны через Кубенско-Шекснинский и Сухоно-Костромской водоразделы; из р. Вычегды через Вычегодско-Камский водораздел; непосредственно из р. Северной Двины через Сухонско-Костромской, Сухонско-Унженский или Юго-Моломо-Вятский водоразделы.

Для переброски части стока Верхней Сухоны в объеме до 4 км³/год требуется построить Камчугский замыкающий гидроузел ниже г. Тотьмы с отметкой НПУ-107÷108 м БС, Верхнесухонский насосный гидроузел на месте существующей плотины «Знаменитая» в истоке реки, Порозовицкий насосный гидроузел в голове Кубенско-Шекснинского канала. Этот канал в начальной части, до шлюзов № 5 и 6 пройдет по руслу существующего Северо-Двинского канала, соединяющего оз. Кубенское с трассой Волго-Балтийского водного пути у г. Кириллова, а затем повернет на юг, пройдет через оз. Никольское и выйдет в Сизьменский разлив Шекснинского водохранилища.

Сезонное регулирование стока в системе обеспечивается за счет емкости оз. Кубенского при сохранении существующего диапазона колебаний его уровня. Суммарная высота водоподъема 9 м, расход

Верхнесухонского насосного гидроузла 200 м³/с, Порозовицкого гидроузла 600 или 800 м³/с.

Дальнейшее развитие этой системы переброски возможно за счет продолжения каскада гидроузлов вниз по рекам Сухоне и Северной Двине до г. Котласа (Котласский, Опалипсовский, Великоустюгский гидроузлы). Неполное сезонное регулирование стока р. Сухоны при этом осуществляется Великоустюгским водохранилищем с полезной емкостью 2,4 км³ и НПУ-107 м БС. Возможный дополнительный объем переброски около 10 км³/год.

Для переброски части стока низовий Северной Двины потребовалось бы построить каскад из пяти гидроузлов до замыкающего Ломоносовского. Этот каскад обеспечил бы глубоководное (4 м) судоходство от Волги до Архангельска с выходом в Белое море. Но практически вся пойма реки оказалась бы затопленной. Дополнительный объем переброски около 18 км³/год. Сброс в р. Волгу возможен через Сухоно-Костромской водораздел — от с. Шуйского на р. Сухоне с выходом через р. Кострому в Горьковское водохранилище.

Из р. Вычегды возможна отдельная переброска около 5 км³/год в бассейн р. Камы с созданием Усть-Куломского водохранилища на р. Вычегде, Северо-Кельтменского и Южно-Кельтменского гидроузлов на тракте подачи воды и канала по р. Южной Кельтме до р. Камы.

Переброска части стока р. Мезени возможна как развитие подачи воды из основного русла Северной Двины. Объем ее 4—5 км³/год, подача воды возможна из русла Мезени в последний крупный правобережный приток Северной Двины — р. Пинегу с подъемом через насосные гидроузлы на реках Северной Двине и Сухоне и сбросом в р. Кострому.

Переброску вод р. Печоры с использованием для транспортировки воды основного русла целесообразно начинать с верховьев реки. Если потребуется увеличение переброски, ее можно было бы наращивать, постепенно включая в систему сооружений более нижние участки реки.

В качестве первой очереди здесь возможна подача воды из водохранилища, образуемого плотиной у с. Митрофаново. В ходе исследований [21, 40] первоначальный объем переброски 15,5 км³/год был уменьшен сначала до 13,8, а затем до 9,8 км³/год с соответствующим сокращением площади затоплений водохранилищами с 5500 до 3300 км² и окончательно до 2170 км² (в т. ч. сельскохозяйственные угодья 5 тыс. га). При уменьшенном объеме переброски оказалось целесообразным лишь сезонное регулирование стока вместо многолетнего. Из Митрофановского водохранилища с НПУ-115 м БС вода будет подниматься на водораздел до отметки 140 м БС насосной станцией при Комсомольском водохранилище. Это последнее водохранилище небольшой емкости сооружается на левобережном притоке р. Печоры, чтобы оставить нетронутыми верховья реки, входящие в территорию Печоро-Илычского заповедника, и уменьшить площадь затоплений. Водораздел проходится

каналом, а на камском склоне будет построена Фадинская ГЭС (с той же отметкой НПУ-140 м БС). Ниже ее по р. Колве прокладывается канал до впадения в полноводную р. Вишеру.

Для дальнейшего расширения масштабов переброски из р. Печоры требуется постройка двух гидроузлов на основном русле — Дутовского и Усть-Войского, двух насосных станций — при Дутовском и Митрофановском гидроузлах. Объем переброски возрастет на 12 км^3/год. Строительство еще трех гидроузлов (Шельяюрский выше устья Ижмы, Акисьский выше устья Усы и Бызовский выше г. Печоры) с регулированием стока в Шельяюрском водохранилище позволяет довести переброску до 61 км^3/год, что почти равно половине среднего многолетнего стока р. Печоры в устье.

6.1.2. Переброска по руслам притоков

Варианты этой группы проработаны для бассейнов Северной Двины и Печоры. На р. Северной Двине возможность переброски по руслам притоков имеется при отъеме воды из нижнего течения реки по двум трассам. Первая из них берет начало из верхнего бьефа Ломоносовского гидроузла, который пришлось бы в этих целях построить в 150 км выше устья реки. В качестве начального участка трассы переброски в этой схеме используется русло р. Емцы. Несколько ступеней насосной водоподачи должны обеспечить поступление воды в р. Онегу, где должно быть построено шесть гидроузлов для последующей перекачки воды в оз. Лача. Далее путь переброски совпадает с трассой первой очереди из озер Лача и Воже.

Другая трасса использует также левобережный приток р. Северной Двины — р. Вагу. Для забора воды из р. Северной Двины необходимо построить Нижнетойменский гидроузел (третья ступень в системе пяти гидроузлов при переброске в варианте «антирека»). Подъем воды на водораздел идет по руслу р. Ваги, сброс в бассейн р. Сухоны — по р. Кулой; вода попадает в верхний бьеф Камчугского гидроузла на р. Сухоне, далее вода поступает на трассу первой очереди переброски из р. Верхней Сухоны и оз. Кубенское. Подача воды может осуществляться через Сухоно-Костромской водораздел. Использование р. Ваги исключает необходимость строительства двух плотин на р. Северной Двине и трех на р. Сухоне, но вместо этого потребуется создание 16 гидроузлов на реках Ваге и Кулое. Вместо равномерного подъема воды по руслам рек Северной Двины и Сухоны на высоту 87 м придется поднимать воду на 145 м, а затем сбрасывать ее вниз на 58 м, что будет связано с большими потерями электроэнергии.

В бассейне р. Печоры были изучены три схемы. Первая из них — предложение Л. В. Дунина-Барковского [57], предусматривающее забор воды из низовий р. Печоры в районе с. Усть-Цильмы (без перегораживающего сооружения на р. Печоре). На левобережном притоке р. Печоры — р. Пижме — устраивается каскад

водоподъемных гидроузлов, преодолевающий высоту 148 м до водораздела с р. Вымь — правобережным притоком р. Вычегды. На р. Вымь также необходимо соорудить каскад плотин для сброса воды. По р. Вычегде вода поступает до устья у г. Котласа, где насосные станции на Анти-Сухоне поднимут ее на 66 м, а затем при проходе Сухонско-Костромского водораздела — еще на 17 м. Наличие двух подъемов воды на суммарную высоту 231 м, необходимость строительства по трассе 20 гидроузлов ставит этот вариант по экономическим показателям на одно из самых последних мест.

Несколько лучше, но все же довольно трудно решается переброска из низовий р. Печоры по р. Ижме. Водозабор предусматривается бесплотинным (принимается, что в этом случае насосной станцией можно забрать до 30 % бытовых расходов воды) с отметки 12 м БС. На р. Ижме сооружается каскад из семи гидроузлов, водораздел с бассейном р. Вычегды проходится каналом с отметкой уровня воды 190 м БС. При спуске к р. Вычегде потребуется построить пять гироузлов с ГЭС. На р. Вычегде устраивается Усть-Куломский гидроузел, из которого вода закачивается в Северо-Кельтменское и Южно-Кельтменское водохранилища, а затем сбрасывается в р. Каму. Эта трасса также имеет два водораздела с суммарной высотой водоподъема 198 м; общее число гидроузлов достигает 15.

Показатели варианта улучшаются, если принять, что в качестве первой очереди переброски из Печоры построено Митрофановское водохранилище с трассой подачи воды в р. Каму. Тогда длина тракта переброски по р. Ижме уменьшается почти в полтора раза и вода подается непосредственно в Митрофановское водохранилище.

Наиболее конкурентноспособной из трасс данной группы является переброска из правобережных притоков р. Печоры — Шугора, Подчерья и Илыча — непосредственно в р. Каму, минуя основное русло реки (кроме самого верхового ее участка). Объем переброски в этом случае составит 7,6 км^3/год. На перечисленных притоках и в верховье р. Печоры потребуется соорудить четыре плотины, между ними построить каналы, а между реками Печорой и Колвой проложить тоннель длиной 8,5 км. Наконец, потребуется возвести плотину на р. Колве в створе Усть-Унья при выходе в бассейн р. Камы.

6.1.3. Использование морских акваторий

Идея устройства хранилищ пресной воды на морской акватории, т. е. без затопления суши, получила распространение в последние десятилетия в связи с возрастанием цен на землю. Однако до настоящего времени объемы таких водохранилищ были не очень большими. Известны два действующих водохранилища для водоснабжения Гонконга, устроенных в морских заливах, объемом 137 и 227 млн. м^3, с площадью зеркала соответственно 12 и 5 км^2.

В одном из этих водохранилищ 90 % емкости размещено выше уровня моря.

Было выдвинуто несколько предложений по устройству морских водохранилищ в Великобритании. Наиболее вероятным представляется создание такого водохранилища в устье р. Ди емкостью 210 млн. м^3. При этом было установлено, что стоимость воды составит 4,4 пенса/м^3, что вполне сравнимо со стоимостью воды из водохранилищ, устраиваемых на суше в горных районах северо-запада (3,8 пенса/м^3) или юго-востока страны (9,2 пенса/м^3). В водохозяйственной схеме Англии и Уэлса предусматривалось строительство трех эстуарных водохранилищ к 2000 г. [144].

Рассмотренные в ТЭО предложения Г. А. Израеляна [31] о переброске северных вод в р. Волгу при отсечении Онежской губы Белого моря дамбой, проходящей через Соловецкие острова, по своим масштабам значительно превосходят все известные проекты подобного рода. В пределы отсекаемой акватории площадью около 10 000 км^2 поступает сток р. Онеги (в среднем 16 км^3/год), р. Кеми (3,5 км^3/год), р. Выга (8,1 км^3/год) и малых рек поморского берега (4 км^3/год). Кроме того, превышение осадков на поверхность акватории над испарением дает дополнительно 0,5 км^3/год, а переброска части стока р. Ковды в р. Кемь в объеме 4,3 км^3/год доводит общую величину приходной части водного баланса Онежской губы до 42 км^3/год. Пресный сток в таком объеме позволяет распреснить массу воды в отсеченной Онежской губе (150 км^3) примерно за 10—12 лет после замыкания Соловецкой дамбы [77].

После распреснения отсеченная акватория может использоваться в качестве водохранилища для переброски вод в бассейн р. Волги. Полезный объем заключен между отметками наблюдающихся приливо-отливных колебаний (±2 м) и составит 40 км^3. Такой объем позволяет осуществлять частичное многолетнее регулирование стока и обеспечивать подачу воды в Каспийское море в компенсирующем режиме. Среднемноголетний объем переброски в периоды, когда уровень Каспийского моря находится ниже —28,5 м БС, составляет 37,7 км^3/год.

Подача воды из Онежской губы в р. Волгу намечается по руслу р. Онеги, для чего потребуется построить те же девять гидроузлов, что и в варианте переброски стока р. Онеги в Рыбинское водохранилище (п. 6.1.1). Далее через озера Лача и Воже, Воже-Кубенский канал, Кубенское озеро и Кубенско-Шекснинский канал вода поступает сначала в Шекснинское, а затем и в Рыбинское водохранилище. Пропускная способность тракта 1750 м^3/с, суммарная высота водоподъема 130 м.

Возможности устройства пресноводных водохранилищ были рассмотрены также в Печорской и Чешской губе. Выявилось, что условия регулирования стока и передачи воды на юг в этих случаях значительно уступают варианту Онежскогубского водохранилища.

6.1.4. Подача воды из р. Оби

Возможность привлечения стока р. Оби для переброски в бассейн р. Волги (точнее в р. Каму) первоначально изучалась в качестве альтернативы Тургайскому варианту подачи воды в Среднюю Азию и Казахстан [46] в сочетании с каналом Волга—Урал—Сырдарья. Однако сделанные проработки могут быть использованы и в качестве альтернативы подаче вод севера ЕТС в р. Волгу. «Гидропроектом» рассмотрено семь трасс такой переброски. Самая северная предусматривает забор воды из р. Оби вблизи устья р. Сосьвы, подъем ее каскадом насосных гидроузлов, переход через водораздел с р. Усой тоннелем и сброс в р. Усу, а затем подъем по Анти-Печоре по каскаду плотин — Акисьской, Бызовской, Усть-Войской, Дутовской, Митрофановской и Комсомольской (см. п. 6.1.1). По второй и третьей трассам вода подается не в р. Усу, а в верховья р. Печоры с пересечением Уральского хребта тоннелем южнее первого варианта. Четвертая—седьмая трассы пройдут еще южнее; в этих вариантах предусматривается водозабор не только из р. Оби, но и из р. Иртыша, с подачей уже не в р. Печору, а непосредственно в притоки р. Камы.

Из семи трасс наименьшие объемы работ имеют первая и третья. Однако ввиду того, что первая трасса на большой длине проходит вдоль Северного полярного круга с соответствующим многократным удорожанием работ, предпочтение отдано третьей трассе, предусматривающей водозабор антирекой по притоку р. Оби — р. Сосьве. На р. Сосьве потребуется построить девять гидроузлов, обеспечивающих водоподъем к двум тоннелям суммарной протяженностью 74 км и каскаду из семи ГЭС на западном склоне Уральского хребта для сброса воды в р. Каму по системе ее притоков — рекам Колве, Унье, Вишере. Суммарная высота водоподъема 300 м.

Все варианты водоподачи из р. Оби рассматривались на два значения среднего многолетнего объема переброски — 25 и 60 км^3/год.

6.2. Критерии оценки вариантов технических решений

Как уже отмечалось в п.п. 1.3 и 3.1, при исследовании проблемы переброски части стока северных рек в р. Волгу, может быть впервые в практике водохозяйственного проектирования, показателям экологической чистоты был отдан приоритет перед экономической оценкой при выборе вариантов. В целом система критериев, предложенная автором для оценки вариантов технических решений, была принята следующей [21, 22, 23]:

— наименьшее отрицательное влияние гидротехнических сооружений на природно-хозяйственную среду севера;
— минимум расчетных приведенных затрат (экономический показатель, представляющий из себя сумму приведенных,

с учетом фактора времени, эксплуатационных издержек и приведенных капиталовложений, умноженных на нормативный коэффициент эффективности, принимаемый для многоотраслевых систем равным 0,08) [83];
— возможность ввода объектов переброски в эксплуатацию в сроки, согласующиеся с планируемым ростом безвозвратного водопотребления в бассейнах Каспийского и Азовского морей;
— минимум затрат электроэнергии для подачи воды до водоразделов;
— минимум неопределенности оценки стоимости и возможных последствий намечаемых мероприятий [133].

Сравнение по такому широкому спектру показателей потребовало, с одной стороны, тщательных технических разработок для установления объемов строительно-монтажных работ, сроков строительства, капиталовложений, ежегодных издержек и, как общего показателя — расчетных приведенных затрат, а с другой стороны, — выполнения детальных и глубоких научных исследований по оценке влияния переброски стока на природно-хозяйственную среду.

6.3. Влияние систем переброски на окружающую среду

Вопрос о влиянии намечаемых преобразований на окружающую природно-хозяйственную среду является центральным в проблеме территориального перераспределения речного стока, на его решении сконцентрированы усилия ведущих научно-исследовательских организаций [39, 50, 81].

Было бы неправильно утверждать, что оценка влияния переброски вод на природно-хозяйственные объекты зоны изъятий выполняется только на современном этапе исследований. Еще на ноябрьской 1933 г. сессии АН СССР отмечалась необходимость учета этого влияния, в частности, на условия судоходства на реках-донорах ниже створов водоотъема и намечались как минимизирующие, так и компенсационные мероприятия [95]. Затраты по компенсации затоплений на всех стадиях проектирования включались в сметы строительства [53, 110], однако явная недооценка величины этих затрат в 50-е и 60-е годы вызвала резкую критику и «контр-оценку», выполненную научными силами — «представителями» зоны отъема [96]. Контр-оценка представляла собой значительную более правильную и полную системную оценку возможных последствий и затрат (хотя, возможно, и содержала некоторые преувеличения); последовавшие дополнительные исследования [40] и пересмотр решений, приведшие к снижению объемов переброски в четыре раза, а площади затоплений в семь раз [21], представляют собой крупное достижение науки.

Работа Коми филиала АН СССР по бассейну р. Печоры, выполненная в 60-е годы [96], явилась первым примером комплекс-

ного исследования влияния территориального перераспределения речного стока на окружающую среду. В первой половине 70-х годов над проблемой влияния переброски вод северных и сибирских рек на юг работали уже десятки научно-исследовательских институтов страны [33]. В соответствии с решением XXV съезда КПСС [2], исследования по переброске в X пятилетке были выделены в отдельную проблему в рамках Госкомитета по науке и технике СССР и были регламентированы постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 21 декабря 1978 г. Основные положения программы научных исследований изложены в работах Г. В. Воропаева, И. П. Герасимова, И. А. Шикломанова, А. Л. Великанова, М. И. Львовича, С. Л. Вендрова и других [32, 34, 39, 50, 76, 123].

Оценка влияния намечаемого перераспределения речного стока на природно-хозяйственную среду разделяется на два направления: 1) прогноз возможных глобальных и крупных региональных изменений; 2) прогноз локальных изменений. Масштабы изменений первого направления практически не зависят от выбора вариантов технических решений, для них существенны только темпы и общие объемы переброски. В противоположность этому изменения второго направления можно оценивать только для каждой конкретной схемы.

К последствиям глобального масштаба, которые теоретически могут быть вызваны переброской вод, относятся:

— возможное изменение ледовитости северных морей, что непосредственно влияет на условия судоходства, рекреационную обстановку и жизнедеятельность экологических систем;
— возможное изменение скорости вращения Земли;
— возможные изменения регионального (в Арктике) и глобального климата как следствие предыдущих двух факторов.

Если вопрос о скорости вращения Земли был отвергнут практически сразу после самых простых расчетов [81], то задача оценки влияния на ледовитость Арктики оказалась достаточно сложной. Поскольку почти все варианты намечаемого изъятия вод (кроме отъема из Онежского озера) ориентированы на реки, входящие в бассейн Баренцева моря, то упомянутое влияние зависит очень мало от того, какой состав мероприятий будет окончательно принят, а только от общего объема переброски. Опасения о возможности изменений ледовой обстановки поначалу выдвигались с разных сторон. Так, специалисты морского флота опасались ухудшения навигационных условий, а климатологи ожидали уменьшения площади распространения арктических льдов с соответствующим повышением засушливости на юге. Подобные опасения высказывали также зарубежные ученые [127, 131, 139], причем в работах некоторых из них делались прогнозы, исходя их неверной посылки о полном повороте на юг стока таких рек, как Обь и Енисей.

Учитывая важное, в том числе международное, значение данного вопроса, его исследованию было уделено особое внимание [56, 61]. Результаты работ, проведенных в течение 70-х годов, позволили прийти к следующим выводам: «Выполненные Государственным гидрологическим институтом... предварительные оценки показывают, что осуществление 1-й очереди межзональной переброски стока вряд ли повлечет за собой сколько-либо значительные глобальные изменения. Существовавшие у нас в стране и за рубежом опасения относительно возможных последствий переброски стока для глобального влагооборота и климата сильно преувеличены...

Исследования Арктического и антарктического научно-исследовательского института приводят к заключению, что влияние переброски стока северных рек на режим арктических морей скажется в двух противоположных направлениях. С одной стороны, уменьшение притока пресных материковых вод в моря арктической зоны приведет к замедлению водообмена Северного Ледовитого океана с Атлантическим, что снизит приток теплых атлантических вод в Арктический бассейн и будет способствовать более высокой ледовитости его морей. Однако, с другой стороны, изменение пресноводного баланса повлечет за собой осолонение поверхностного слоя арктических вод и увеличение интенсивности притока тепла из глубинных слоев» [81, стр. 356]. И далее: «Ожидаемые естественные и особенно непреднамеренные антропогенные изменения климата намного превзойдут последствия территориального перераспределения стока, которое может лишь несколько замедлять или ускорять этот процесс.

При прогнозируемом общем потеплении климата к концу XX в. увеличится влажность и сток к северу от 60° с. ш. и еще более возрастет аридность южных районов. Таким образом, потребность в переброске стока северных рек на юг в связи с ожидаемым изменением климата не отпадает, а становится еще более острой» [81, стр. 357].

Интересно, что в последнее время учеными США получены результаты, подтверждающие безопасность первых очередей переброски для Арктики. В частности, Ф. Миклин, проведя системное исследование влияния перебросок из бассейна Карского моря на основе опубликованных в СССР научных работ, пришел к выводу, что «первый и второй этапы переброски вод Оби и Енисея в объеме до 60 км^3, вероятно, вызовут незначительные изменения ледовитости Карского моря и наверняка незначительные изменения ледовитости в Арктическом бассейне... Реальному осуществлению переброски сверх 60 км^3 должен предшествовать тщательный анализ» [141, стр. 493]. При этом Миклин считает, что в конкретных условиях Карского моря упомянутые незначительные сдвиги ожидаются в сторону увеличения ледовитости и будут носить локальный характер.

Исследование локальных влияний переброски, в принципе не отличающееся от оценки обычного гидростроительства, имеет зна-

чительно более длительную историю, чем изучение глобальных изменений.

Намечаемые системы первой очереди переброски на севере ЕТС как по составу сооружений, так и по их параметрам мало чем отличаются от построенных и работающих объектов — плотин, водохранилищ, каналов. Начиная с 70-х годов в состав проектов уже обязательно входит комплексная оценка влияния этих объектов на окружающую среду.

Для настоящего исследования локальные влияния территориального перераспределения речного стока систематизированы автором в матричной форме (табл. 18); эта матрица показывает объекты изучения и не предназначена для суммирования плюсов или минусов, каждый из которых, даже в пределах одной колонки, имеет совершенно различный «вес».

ТАБЛИЦА 18

Виды воздействия территориального перераспределения стока Европейской части РСФСР на окружающую природно-хозяйственную среду

Зона влияния	Условия жизни населения	Санитарное состояние вод	Эпидемиологическая обстановка	Условия водоснабжения городов и поселков	Условия водообеспечения народного хозяйства	Условия сельскохозяйственного производства	Рыбохозяйственные условия	Лесохозяйственные условия	Русловые процессы в реках	Судоходные условия
Северные моря							—			
Устьевые области рек, впадающих в северные моря	—			—	—		—			—
Северные реки и озера ниже створов водоотъема	—	—		—		—+	—	+	—	—
Водохранилища в системе переброски	—+	—	—	+	+	—	—	—	—	+
Реки севера, используемые в режиме антиреки	—	—	—	—						
Каналы переброски	—+		—	+	+	—+			—	+
Южные реки	+	+—	—	+	+	+—	+—		—	+
Южные моря	+	+	—	+	+		+			+

Примечание. Знак плюс (+) — положительное влияние, знак (—) отрицательное.

Перечень влияний переброски на элементы природно-хозяйственной среды является важным инструментом в руках проектировщика и должен составляться с самого начала работы, постоянно пополняться и уточняться. Проанализировать все элементы этого перечня в ограниченных рамках данной работы не представляется возможным, поэтому здесь остановимся лишь на наиболее существенных элементах.

Наибольшее локальное влияние в системах переброски оказывают водохранилища [5], поскольку это сопряжено с затоплением земельных угодий и в том числе их ценнейшего вида — сельскохозяйственных угодий; теряются также лесные ресурсы, иногда полезные ископаемые (их затопление явилось, вероятно, самой главной причиной отказа от гигантского водохранилища на р. Печоре [96]). Создание водохранилищ нередко требует переселения и трудоустройства большого числа людей; помимо значительных затрат, довольно часто это приводит к нежелательной трансформации сельского населения в городское. Попадание населенных пунктов и лесов в зону затопления требует проведения больших работ по очистке ложа водохранилища, которая раньше не всегда выполнялась. Наконец, попадание в зону затопления (особенно в районе мелководий) ценных территорий и объектов требует выполнения трудоемких и дорогостоящих работ по инженерной защите. Существенны также вопросы задержки сроков вскрытия льда, всплывания торфа, цветения воды и т. п.

Суммируя сказанное, можно отметить, что три основных показателя — общая площадь затоплений, площадь затопляемых сельхозугодий, переселяемое население — могут дать довольно верное представление о масштабах отрицательного влияния водохранилищ в системах переброски стока. Такие показатели по всем вариантам, описанным в п. 6.1, приведены в табл. 19. Обращает на себя внимание, что переброски так называемого «западного» направления (из бассейнов р. Невы, рек Карелии, рек Онеги, Мезени и Северной Двины без Вычегды) характеризуются значительно меньшими затоплениями, чем переброски «восточного» направления (реки Печора, Вычегда, Обь). Это определяется спецификой гидрографической ситуации региона: на трассах западного направления широко используются озера для регулирования перебрасываемого стока, а в восточной зоне крупных озер нет.

Перейдем к анализу видов влияния вариантов территориального перераспределения стока между северными реками и р. Волгой на окружающую среду, двигаясь в направлении с севера на юг в рамках матрицы, представленной в табл. 18.

На северных морях, как уже отмечалось, уменьшение притока речных вод скажается в двух противоположных направлениях: небольшое увеличение ледовитости вследствие снижения притока более теплых речных вод с юга и некоторое уменьшение массы льда вследствие того, что пресная вода играет роль катализатора льдообразования. Взаимное наложение этих двух явлений сводит на нет изменения ледового режима в морях севера ЕТС (Белом, Печорском, Баренцевом) во всех описанных в п. 6.1 вариантах, за исключением варианта «Онежская губа». В последнем продолжительность стояния ледового покрова существенно увеличится вследствие замены соленой воды на пресную.

Из других последствий переброски вод для северных морей следует отметить некоторое снижение их биологической продуктивности из-за уменьшения притока биогенных элементов. Само

по себе это уменьшение незначительно, поскольку отъем воды, например в первой очереди переброски, составляет только 6 % суммарного стока впадающих рек.

Уменьшение рыбопродуктивности морей возможно вследствие преграждения плотинами нерестовых путей проходных рыб. На реках Онеге и Северной Двине их популяции незначительны, а вот для р. Печоры и ее притоков, в которые на нерест заходит семга, обитающая в Норвежском и Баренцевом морях, этот вопрос требует особого внимания.

Специфика вариантов с отсечением морских акваторий требует при рассмотрении предложения о создании Онежскогубского водохранилища учесть его влияние не только на рыбное стадо (которое здесь, кстати, является довольно бедным), но и на животных и растения. Особой тревоги здесь нет, хотя создание дамбы в Западной Соловецкой Салме затронет часть лежбищ гренландского тюленя и часть зоны обитания полярной гаги (в том же районе), а также уменьшит площади плантаций ценных водорослей ламинарии (сырье для получения агар-агара — вещества, используемого в пищевой промышленности).

Для устьевых областей северных рек одним из главных является вопрос о более далеком проникновении соленых морских вод в реки во время сгонов вследствие уменьшения расходов из-за переброски. Это может повлиять на условия водоснабжения ряда городов, расположенных в устьях (Архангельск, Онега, Нарьян-Мар и др.). Исследованиями выявлено, что из всех рассмотренных городов только для г. Архангельска данный вопрос актуален и лишь при отъемах воды, намного бо́льших, чем отъемы первой очереди.

В устье р. Невы, из бассейна которой намечается переброска воды на юг, отъемы в размере 3,5 км^3/год (5 % годового стока) не вызовут существенных изменений водообмена Невской губы с Финским заливом и не повлияют на экологическую обстановку в Ленинграде. При увеличении отъемов до 7 км^3/год эти изменения могут быть компенсированы сооружением Невского гидроузла, улучшающего условия промывки дельты реки и Невской губы в критические маловодные периоды. При увеличении отъемов до 14 км^3/год изменения водообмена будут весьма существенными [90].

Для участков северных рек ниже створа отъема воды наиболее актуальным является вопрос о допустимых изъятиях воды или о величине остаточного расхода. Этому вопросу уделяли внимание многие исследователи и у нас, и за рубежом, однако он до сих пор удовлетворительно не решен. Известно, что в качестве санитарного принимается минимальный средний месячный расход 95 %-ной обеспеченности. Есть предложение о дальнейшем снижении его до 75 % этой величины [43]. Никак не лимитируются паводковые расходы, хотя ежегодная промывка низкой поймы нередко является важным средством сохранения удовлетворительного санитарного состояния реки.

На остаточные расходы влияют также требования судоходства, обычно рассчитывающего на естественные расходы 85—95 %-ной обеспеченности в период открытого русла. На реках Печоре и Юге сохранилось еще и весеннее «экспедиционное» судоходство — завоз грузов в период половодья в отдаленные районы. Наконец, во время половодья заливаются водой луга, что играет положительную роль, в частности, для р. Печоры.

Очевидно, что выбор значений остаточного расхода должен производиться в результате учета всех перечисленных факторов путем сопоставления различных вариантов, причем обычные технико-экономические сравнения ущербов на севере и эффекта на юге здесь неприемлемы, так как результаты сравнения всегда будут в пользу последнего. По мнению автора, здесь целесообразно останавливаться на таком значении расхода, ниже которого ущерб на реках-донорах резко нарастает (хотя ясно, что точного и единственного решения не будет). Указанное сопоставление должно и впредь являться предметом углубленных научных исследований и проектных проработок; в первом приближении в начале изучения того или иного варианта, если отсутствуют какие-либо явно выраженные ограничения, автором предлагается назначать в качестве остаточных среднемесячные расходы каждого месяца 95 %-ной обеспеченности, включая период половодья. Насколько важно сохранение хотя бы минимального половодья, показывает следующий пример.

Первоначально переброска из р. Печоры намечалась с таким расчетом, чтобы ниже створа отъема воды оставался только санитарный расход [110]. Исследования Института географии АН СССР показали, что это приведет к значительному размыву русел притоков (впадающих непосредственно ниже гидроузла) в период прохождения паводков [50]. По этой и другим причинам отъем воды из р. Печоры был уменьшен с 15 до 10 км^3/год.

Для участков рек ниже зоны отъема воды необходимо изучение изменений ледовых условий при переброске стока. Проведенные исследования показали, что при изъятиях первой очереди переброски изменения сроков начала ледостава составят 2—3 сут, а запаздывание вскрытия — 2—6 сут [55].

В зону ниже отъема воды попадают не только участки рек, но и озера. Последнее особенно характерно для бассейна р. Невы, где находятся уникальные Онежское и Ладожское озера. При принятом сохранении уровней этих озер переброска до 7 км^3/год не вызовет изменений качества воды в Онежском озере (часть воды вместо сброса по р. Свири будет откачиваться по р. Вытегре) и практически не изменит режима течений. Результаты математического моделирования показали, что зона ощутимых изменений течений охватит только южную часть озера площадью менее 10 %, где нет существенных источников загрязнений [54].

Для Ладожского озера, проточность которого уменьшится на значение переброски (на 5 % при изъятии 3,5 км^3/год и на 9 % при 7 км^3/год), имеется опасность перехода в перспективе из мезо-

трофной в евтрофную фазу из-за прогнозируемого увеличения поступления общего фосфора. С 1975 по 2000 г. прогнозируется увеличение фосфорной нагрузки в 1,7—1,8 раза [90]. Поэтому в проекте переброски предусматривается, что до начала откачки воды на юг в бассейне Ладожского озера будет осуществлен перевод производств, дающих наибольшую долю сброса фосфора, на замкнутое водоснабжение. Для обеспечения надлежащего качества воды в дельте р. Невы и в Невской губе, промывка которой несколько затруднится вследствие строительства сооружений по защите Ленинграда от наводнений, осуществляются меры по очистке сточных вод города [21]. Институтом географии АН СССР предлагается также разработать меры по переводу водоемких производств на замкнутое водоснабжение, улучшить способы очистки и т. д. [50].

Особая проблема возникла бы при переброске через Онежское озеро на юг вод рек Карелии (Выга, Кеми и Ковды). Воды р. Выга с самых верховий загрязнены отходами целлюлозно-бумажной промышленности; но даже в природных условиях их качество значительно хуже, чем воды Онежского озера — самого чистого из крупных озер Европы. Поэтому транзит «чужих» загрязненных вод через озеро встречает категорические возражения.

Специфической проблемой, возникающей только при переброске вод, является проблема «антиреки». Дело в том, что если на участке реки, используемой для транспортирования воды в обратном направлении, имеются городские водозаборы и выпуски сточных вод, то в проектных условиях в эти водозаборы будут поступать собственные сточные воды города. Чтобы избежать этого, казалось бы, достаточно перестроить систему водоподачи и водоотведения, поменяв местами водозабор и водовыпуск, но на самом деле это невозможно, так как в периоды паводка система переброски не принимает всей воды и река течет в своем обычном направлении.

Переход на замкнутое оборотное водоснабжение с прекращением сброса загрязнений в водоемы требует длительного времени, значительных затрат и в нужные сроки неосуществим. Поэтому может потребоваться перенос городского водозабора в новое место, например на притоки, в достаточном удалении от реки. Подобная проблема возникает при переброске воды из бассейна р. Сухоны уже на первом этапе.

Каналы переброски вносят изменения в гидрогеологические условия прилегающей территории, по которой они проходят. На участках, где уровень воды в канале находится выше зеркала грунтовых вод, возможно подтопление земель (обычно неширокой полосы до нескольких сот метров), которое либо устраняется дренажом, либо компенсируется освоением новых земель. При уровне воды в канале ниже зеркала грунтовых вод происходит дренирование окружающей территории, что в условиях переувлажненного севера чаще всего положительно сказывается на сельскохозяйственных и лесных угодьях.

В табл. 18 под южными реками подразумеваются Волга и ее притоки: Шексна, Кострома, Кама, Вишера и Колва. Как правило, подача дополнительного стока в р. Волгу вносит крупномасштабные положительные изменения: улучшается санитарное состояние (за счет роста минимальных расходов воды и большей чистоты северных вод), возрастает выработка электроэнергии, увеличиваются судоходные глубины и рыбохозяйственные весенние попуски. Отрицательным является только повышение уровней воды, особенно в паводок, сверх обычных для р. Волги. Учитывая, что почти вся р. Волга и р. Кама зарегулированы водохранилищами и что подача вод с севера намечается по мере роста изъятий стока из р. Волги, можно было предположить, что серьезных изменений уровенного режима на р. Волге не произойдет.

Детальные расчеты первой очереди переброски полностью подтвердили это предположение. При вводе второй очереди есть опасение о возможности недопустимого повышения уровня на участке от Рыбинского гидроузла до глубоководной части Горьковского водохранилища, что потребует введения ограничений на переброску из Онежской губы в Рыбинское водохранилище в годы, когда паводок на р. Волге будет иметь обеспеченность менее 25 %, и предусмотреть обвалование части береговой линии р. Волги на указанном участке.

И, наконец, отметим, что для Каспийского и Азовского морей подобных отрицательных влияний практически нет, поскольку переброска предназначена именно для сохранения экологических условий в этих морях при продолжающемся росте народного хозяйства в их бассейнах.

Как было отмечено выше, исследования влияния территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР на окружающую среду велись многими проектными и научно-исследовательскими организациями. В качестве примера внедрения результатов исследований в ТЭО и проекты переброски стока можно привести основные изменения, которые были внесены в технические решения ряда систем перераспределения речного стока:

— уменьшение объема переброски из р. Печоры с 15,5 до 9,8 км^3/год и формирование за счет этого увеличенных весенних попусков ниже Митрофановского гидроузла;
— сокращение площади затоплений на р. Печоре с 5500 до 2170 км^2;
— отказ от переброски части стока р. Выга и подачи воды из Онежской губы через Онежское озеро;
— отказ от варианта неравномерного режима переброски из оз. Онежского;
— уменьшение объема переброски из оз. Кубенского и р. Верхней Сухоны с 4,8 до 4 км^3/год для повышения санитарных и судоходных попусков ниже Камчугского гидроузла;
— включение в смету переброски из р. Верхней Сухоны затрат по гарантии водообеспечения населения качественной питьевой водой при переходе на режим «антиреки»;

— оценка роли переброски из р. Нижней Сухоны как обязательного замыкающего элемента, доводящего сооружения водоотъема до устья полноводной р. Вычегды и ликвидирующего маловодный участок на р. Сухоне ниже Камчугского гидроузла.

Проведенные исследования влияния намечаемых систем переброски стока на окружающую среду позволили с достаточной полнотой оценить варианты с учетом капиталовложений и ежегодных издержек не только в основные сооружения, но и в компенсационные мероприятия. Результаты этой оценки приведены в п. 6.4.

6.4. Оценка вариантов и выбор рекомендуемого состава мероприятий

В п. 5.2 было показано, что потребность в переброске воды из северных рек в бассейн р. Волги до конца столетия (первая очередь) составляет около 20 км^3/год, а оцениваемое на современном уровне знаний конечное значение переброски может достичь 45—50 км^3/год при сохранении существующих гидрометеорологических условий и порядка 60—70 км^3 при некотором уменьшении водности и (или) увеличении засушливости климата. Для того чтобы из возможных вариантов переброски выбрать наилучшие по принятой системе критериев, выполнено их сравнение по капиталовложениям (включая в них и затраты на компенсацию отрицательного влияния на окружающую среду), по расчетным приведенным затратам, экологическим показателям (в первую очередь по масштабам затопления земель). Результаты сравнения представлены в табл. 19. Проектирование технических систем, подсчет капиталовложений и ежегодных затрат осуществлены в Союзгипроводхозе и Гидропроекте.

Представленные в табл. 19 показатели, а также соображения, приведенные в п. 6.3, позволяют сделать выбор состава первой и последующих очередей переброски.

В качестве главного критерия при отборе вариантов принят минимум отрицательного влияния на окружающую природно-хозяйственную среду. Как было показано выше, наибольшее влияние оказывают затопления (суммарная их площадь, а также площадь выпадающих из оборота сельскохозяйственных угодий и численность переселяемого населения приведены в графах 4, 5, 6 и 9). Экономические показатели (включающие в себя «экологическую цену») представлены удельными расчетными приведенными затратами, отражающими капиталовложения, ежегодные издержки и продолжительность строительства (графа 8); удельные показатели баланса электроэнергии (со знаком плюс, когда на ГЭС переброcного тракта и Волжско-Камских ГЭС вырабатывается больше электроэнергии, чем требуется для насосных станций переброски, и со знаком минус в противоположном случае) даны в графе 10.

Анализ данных, помещенных в табл. 19, позволяет исключить из дальнейшего рассмотрения варианты, имеющие худшие показатели по большинству критериев. К ним относятся переброски: из р. Мезень; из р. Северной Двины через реки Емцу и Вагу; из р. Печоры через реки Пижму и Ижму непосредственно в р. Каму; из Нижней Оби. Из оставшихся систем временно отставим те, которые по своему географическому положению могут осуществляться только как вторая и третья очереди, и рассмотрим лишь те варианты, которые могут претендовать на включение в состав первой очереди — переброска из оз. Онежского, из озер Лача и Воже, из оз. Кубенского и р. Верхней Сухоны, из рек Вычегды и Печоры, а также из правобережных притоков р. Печоры. Среди перечисленных вариантов переброска из р. Вычегды представляется самой неблагоприятной по общей площади затоплений и особенно по затапливаемым сельскохозяйственным угодьям, поэтому она признается учеными Коми АССР совершенно неприемлемой [96] и не может быть рекомендована. Последние два варианта (переброска из р. Печоры и из ее правобережных притоков) взаимно исключают друг друга. Вариант правобережных притоков имеет главное преимущество в том, что затапливается меньше сельскохозяйственных угодий на 1 км^3 годового объема переброски (в два раза, хотя у обоих вариантов эти показатели невелики) и требует значительно меньших переселений жителей. По удельным капиталовложениям он дороже на 65 %, по расчетным приведенным затратам — на 38 %. В дополнение к этому вариант правобережных притоков имеет два существенных экологических недостатка: а) исключается возможность нереста семги в реках Щугоре и Подчерье, которые в варианте переброски с Митрофановским гидроузлом на р. Печоре остаются свободными; б) трасса проходит по территории Печоро-Ильчского заповедника, который в случае прихода туда многотысячного отряда строителей практически перестанет существовать (в варианте переброски непосредственно из р. Печоры заповедник не затрагивается). Наконец, ввиду полной необжитости территории и необходимости предварительного проведения геологических изысканий для установления отсутствия в зонах затопления полезных ископаемых (по основному варианту это уже установлено), срок строительства будет примерно на пять лет больше. Все это позволяет сделать выбор в пользу варианта с водохранилищами на основном русле р. Печоры.

Таким образом, в состав первой очереди могут быть включены системы переброски из озер Лача и Воже (1,8 км^3/год), из оз. Кубенского и р. Верхней Сухоны (4 км^3/год), из оз. Онежского (3,5 км^3/год) и р. Печоры (9,8 км^3/год) с суммарным объемом подачи воды на юг около 19 км^3/год.

Выбор перечисленных четырех систем в состав первой очереди основан на допущении, что на каждой реке возводится только первая ступень возможного каскада сооружений. Такой подход не является единственно возможным. Можно пойти по пути одновре-

ТАБЛИЦА 19

Основные технико-экономические показатели рассмотренных вариантов переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги

Водоисточник	Средний многолетний объем переброски, км³/год	Суммарная высота водоподъема, м	Площадь затоплений, тыс. га		Переселение, чел	Показатели на 1 км³/год перебрасываемого стока			
			всего	в т. ч. сельскохоз. угодий		капиталовложения, млн. руб.	расчетные приведенные затраты, млн. руб.	площадь затопления: всего/сельхоз. угодий, тыс. га	баланс электроэнергии *, млн. кВт×кч/год
I. Варианты с использованием основного ствола реки									
Онежское озеро:									
I очередь	3,5	80	—	—	—	60	10,5	—	—143
II очередь	3,6	80	—	—	—	51	9,4	—	—143
III очередь	7,1	80	—	—	—	56	10,1	—	—143
реки Выг, Кемь, Ковда	10,2	98	13,9	1,8	—	91	16,5	1,36/0,18	—204
озера Лача и Воже	1,8	9	1,8	0,04	140	75	8,5	1,0/0,02	+180
р. Онега	5,9	118	12,0	3,8	2900	148	17,0	2,0/0,64	+77
оз. Кубенское и р. Верхняя Сухона	4,0	7	5,7	2,5	2780	75	8,5	1,42/0,62	+148
Реки Нижняя Сухона и Северная Двина	10,2	73	20,7	7,6	12 910	140	16,5	2,0/0,75	+53
р. Северная Двина	18,3	115	12,4	3,0	1500	126	18,0	0,68/0,16	—110
р. Вычегда	5,0	20	156,2	12,1	8420	161	15,0	31,2/6,24	+204
р. Мезень через р. Северную Двину	4,0	153	6,0	0,4	—	274	41,5	1,5/0,1	—268
р. Печора:									
I очередь	9,8	30	217,0	5,1	16 000	166	15,3	22,1/0,52	+174
II очередь	12,1	60	129,0	4,7	7180	80	10,5	10,7/0,39	+28
III очередь	39,0	100	477,5	43,7	23 790	124	16,0	12,2/1,12	—27

II. Варианты с использованием притоков									
р. Северная Двина:									
через р. Емцу	18,3	201	62,3	13,1	Нет сведений	195	33,0	3,4/0,72	—294
через р. Вагу	15,0	174	81,4	23,9		197	33,0	5,4/1,59	—288
р. Печора:									
через р. Пижму	22,4	231	124,7	18,3	То же	414	61,0	5,6/0,82	—389
через р. Ижму в р. Каму	18,9	198	219,0	24,5	13 400	243	35,2	11,6/1,3	—201
через р. Ижму в Митрофановское водохранилище (как II очередь)	17,9	128	215,6	35,8	20 780	198	27,5	12,0/2,0	—153
Правобережные притоки р. Печоры	7,6	15	150,0	2,0	700	273	21,2	19,7/0,26	+247
III. Варианты с использованием морской акватории									
Онежская губа через р. Онегу	37,7	128	12,0	3,8	2 900	152	27,0	0,32/0,10	—150
IV. Варианты водозабора из сибирских рек									
р. Обь:									
I очередь	25,0	300	785,0	58,0	14 000	332	45,5	31,4/2,32	—220
II очередь	35,0	300	—	—	—	219	33,0	13,1/0,97 **	—220
Сопоставимое мероприятие									
Отсечение северо-восточных мелководий Каспийского моря	5,5	—	—	—	—	138	11,7	—	0

* Показатель со знаком плюс (+) означает, что выработка на ГЭС (включая Волжско-Камские ГЭС) превышает расход электроэнергии насосными станциями; показатель со знаком минус (—) означает превышение расхода над выработкой.

** В расчете на суммарный объем I и II очередей.

менного строительства нескольких ступеней на одной-двух реках с тем, чтобы как можно дольше не трогать другие реки севера. В такой постановке возможны следующие альтернативы:

1) доведение переброски из Онежского озера до 14 км^3/год (вместо 3,5 км^3/год); взамен исключается переброска из р. Печоры;

2) всю воду для первой очереди взять из р. Печоры; для этого строится каскад сооружений, замыкаемый Усть-Войской плотиной. Объем переброски 21,9 км^3/год;

3) вводится в действие только переброска из озер Лача и Воже (1,8 км^3/год) и первая очередь подачи воды из Онежской губы Белого моря в объеме 50 % полного развития (18,8 км^3/год);

4) подача воды из р. Печоры (9,8 км^3) заменяется переброской из рек Нижней Сухоны и Северной Двины (10,2 км^3/год).

Рассмотрим последовательно эти альтернативы.

Система переброски воды из Онежского озера в объеме 3,5 км^3/год по своим экономическим показателям — наиболее выгодная, она не связана практически ни с какими затоплениями и отчуждениями земель и на юг поступает весьма чистая вода. Тем не менее тот факт, что изъятие воды хотя и не намного (менее 5 %), но все же уменьшает сток водной системы Ладожского озера Нева—Невская губа, заставляет относиться к этому проекту с особым вниманием. Отъем воды может осуществляться только при устранении угрозы дальнейшего роста загрязнения Ладожского озера, устья р. Невы и Невской губы, особенно учитывая перекрытие последней сооружениями, защищающими Ленинград от наводнений. Несомненно, однако, что отбор воды в объеме 3,5 км^3/год лежит в пределах точности гидрометеорологических наблюдений и поэтому не может сколько-нибудь существенно повлиять на качество воды, особенно принимая во внимание, что при снижении расхода воды в р. Неве до 1200 м^3/с переброска прекращается.

Кроме того, решение о переброске 3,5 км^3/год из бассейна р. Невы, по-видимому, окажет положительное влияние на усиление водоохранной деятельности в этом районе, привлекая внимание к ней как хозяйственных органов, так и общественности.

Решение об увеличении изъятий до 7 км^3/год и более не может быть принято, пока наблюдениями за ряд лет не будет зафиксировано снижение поступления загрязнений в водную систему, а это отодвигает момент принятия такого решения в неопределенное будущее. Кроме того, при увеличении переброски из Онежского озера с 7 до 14 км^3/год дополнительно возникает проблема «антиреки» на р. Свири с отрицательными последствиями, описанными в п. 6.3. В связи с этим, по предложению автора, в ТЭО переброски части стока северных рек в р. Волгу решено отказаться от увеличения изъятий воды из Онежского озера сверх 3,5 км^3/год не только в составе первой очереди, но и в перспективе. И это несмотря на тот факт, что по экономическим показателям переброска до 7—15 км^3/год имеет преимущество перед всеми

другими вариантами. Здесь проявляется действие приоритета критерия минимума отрицательных влияний на окружающую среду (п. 6.2).

Если сосредоточить все изъятия первой очереди на р. Печоре, то потребуется строительство (дополнительно к Митрофановскому и Комсомольскому) Дутовского и Усть-Войского гидроузлов, что повлечет увеличение площади затопления на 1290 км^2 (в том числе 5000 га сельскохозяйственных угодий), дополнительное переселение 7000 человек и, что самое главное, частично будет затоплен Усть-Войским водохранилищем ряд нефтегазоносных структур. По этим причинам такое решение не рекомендовано к осуществлению.

Многие исследователи высказывали предложение включить в состав первой очереди переброску из Онежской губы. Необходимо в связи с этим отметить, что эта система требует для своего осуществления порядка 6 млрд. руб (из них для ввода тракта на 50 % полной мощности, т. е. на 19 км^3/год, потребуется не менее 5 млрд. руб), примерно вдвое больше, чем по рекомендуемой схеме. Подача воды из Онежской губы потребует дополнительно 5 млрд. кВт·ч электроэнергии в год (сверх той энергии, которая будет выработана за счет перебрасываемой воды на Волжско-Камском каскаде ГЭС). Но главное не только в этом. Дело в том, что срок строительства морской дамбы (9 лет) и распреснения воды в Онежской губе (10—12 лет) отодвигает реализацию этой идеи по крайней мере до 2005—2010 гг. При этом, как видно из данных табл. 17 и на рис. 5, уровень Каспийского моря до подачи в него воды из Онежской губы снизится до отметки ниже —29,5 м БС в средних гидрометеорологических условиях, что было бы непоправимо для рыбного хозяйства. Поэтому в состав первой очереди, вводимой около 2000 г., эта система не должна включаться.

Наиболее конкурентноспособным является предложение о замене (в составе первой очереди) подачи воды из р. Печоры переброской из рек Нижней Сухоны и Малой Северной Двины. Эти системы по своим экономическим показателям достаточно близки (табл. 19). Преимуществом первой из них является бо́льшая выработка электроэнергии (1,6 млрд. против 0,5 млрд. кВт·ч/год), меньшая площадь затапливаемых сельскохозяйственных угодий (5,1 тыс. га против 7,6 тыс. га). По этим причинам Государственной экспертной комиссией Госплана СССР в 1980 г. предпочтение было отдано переброске из р. Печоры. Следует, однако, отметить, что вариант подачи воды из р. Нижней Сухоны характеризуется меньшими общими затоплениями (210 против 2170 км^2 по р. Печоре) и меньшими переселениями (13 против 16 тыс. человек), в связи с чем дискуссии о необходимости ее строительства раньше, чем печорской системы, по-видимому, нельзя считать законченными. Поскольку это касается только очередности ввода двух систем, данный вопрос переходит в разряд организационно-хозяйственных и будет решаться с учетом таких факторов, как возмож-

Рис. 7. Системы первой очереди переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги.

1 — существующие гидроузлы, *2* — проектируемые гидроузлы, *3* — направление и объемы (км³/год) подачи воды на юг, *4* — проектируемые каналы.

ность концентрации рабочей силы в том или ином районе, наличие подрядных организаций и т. п.

Итак, в состав первой очереди переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги включаются системы (рис. 7, 8 и 9),

Рис. 8. Продольные профили трасс первой очереди переброски части стока рек Онеги (из озер Лача и Воже) и Сухоны в бассейн р. Волги.

а — трасса переброски части стока р. Онеги в Рыбинское водохранилище, *б* — трасса переброски части стока р. Сухоны в Рыбинское водохранилище; *1* — насосные станции, *2* — ГЭС, *3* — существующие гидроузлы, *4* — проектируемые гидроузлы, *5* — направление и объем I очереди переброски.

подающие воду из озер Лача и Воже (1,8 км³/год), из оз. Кубенского и верховьев р. Сухоны (4 км³/год), из Онежского озера (3,5 км³/год) и из р. Печоры (9,8 км³/год).

Для второй очереди, предусматривающей увеличение объема подаваемой на юг воды до 60—70 км³/год, возможно увеличение переброски из р. Печоры (по основному руслу или по р. Ижме через Митрофановское водохранилище), переброска из рек Нижней Сухоны и Северной Двины, Онеги или из Онежской губы, из рек Карелии. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны этих систем.

Прежде всего из-за некоторых веских возражений о загрязнении Онежского озера водами р. Выг вариант переброски из рек Карелии снят с дальнейшего рассмотрения, несмотря на относи-

тельно невысокую стоимость. Это еще один пример приоритета критерия влияния на окружающую среду.

По экологическим соображениям в состав второй очереди целесообразно включить переброску из рек Нижней Сухоны и Север-

Рис. 9. Продольные профили трасс переброски части стока рек Свири (из оз. Онежского) и Печоры в бассейн р. Волги.

а — трасса переброски части стока р. Свири (из оз. Онежского) в Рыбинское водохранилище, *б* — трасса переброски части стока р. Печоры в р. Каму; *1* — насосные станции, *2* — ГЭС, *3* — существующие гидроузлы, *4* — проектируемые гидроузлы, *5* — направление и объем I очереди переброски.

ной Двины, которая позволит устранить маловодность участка ниже Камчугского гидроузла за счет доведения переброски до устья р. Вычегды, водность которой почти вдвое больше, чем р. Сухоны. Изъятие воды в месте впадения полноводного притока рассматривается как наиболее удачное с экологической точки зрения

решение [21]. Экономические показатели этого варианта достаточно благоприятные.

Кроме этой системы, в состав второй очереди рекомендуется переброска из Онежской губы. Хотя ее стоимость довольно высока (при умеренных капиталовложениях она получается большой за счет длительного — около 11 лет — срока распреснения), этот вариант вполне обоснованно признается наиболее «экологически чистым» вследствие минимума затоплений и использования для транспортировки воды наименее обжитой реки севера ЕТС — Онеги. Как показано в п. 5.2, суммарная потребность в переброске в бассейн Каспийского моря на самую дальнюю перспективу составит в средних гидрометеорологических условиях около 45—50 км^3/год и в случае маловодья — 60—70 км^3/год.

Таким образом, ввод первой очереди (19 км^3/год), отсечение мелководий Каспийского моря, дающее экономию воды в 5—6 км^3/год, и ввод второй очереди переброски из р. Нижней Сухоны (10 км^3/год) и из Онежской губы (до 37—38 км^3/год) целиком решают проблему северного питания. В результате дальнейших увеличений изъятий воды из рек Северной Двины и Печоры не потребуется, и в связи с этим можно будет избежать затопления обжитых долин этих рек.

По срокам подготовки проектной документации и осуществления строительства объекты первой и второй очередей разделены на этапы. К первому этапу первой очереди с вводом в действие к 1995 г. отнесены переброски из озер Лача, Воже и Кубенского, а также из р. Верхней Сухоны, ко второму этапу (к 2000 г.) — из оз. Онежского, к третьему этапу (к 2005 г.) — из р. Печоры. В 2000 г. намечается закончить строительство дамбы, отсекающей северо-восточные мелководья Каспийского моря. Первым этапом второй очереди является переброска из рек Нижней Сухоны и Северной Двины, вторым этапом — из Онежской губы. Строительство этих двух систем — проблема следующего века, но провести исследование по ним и на этой основе подготовить проект нужно в ближайшие десятилетия.

6.5. Природоохранные и компенсационные мероприятия по первой очереди переброски стока северных рек в Волгу

В п. 6.3 перечислены виды влияния территориального перераспределения речного стока на окружающую среду, излагалась методика выявления ожидаемых воздействий и приводились конкретные примеры по всем рассматривавшимся вариантам переброски. После того, как обоснован выбор рекомендуемого состава объектов первой очереди переброски (п. 6.4), целесообразно дать сводку выявленных воздействий первоочередных объектов на окружающую среду и предусматриваемых природоохранных и компенсационных мер. Изложение ведется отдельно по каждой из четырех си-

стем первой очереди, в направлении от устьев рек-доноров к местам отбора воды и далее на юг.

Переброска из озер Лача и Воже. Из этих озер намечается подавать 1,8 км^3/год воды в Кубенское озеро, а затем в Рыбинское водохранилище. Из оз. Воже вода в естественных условиях перетекает в оз. Лача по р. Свидь, а из оз. Лача вытекает р. Онега. Эта река является одной из наименее продуктивных в рыбохозяйственном отношении, поэтому ущерб от изъятия около 12 % устьевого стока р. Онеги будет сравнительно невелик, в основном же потери будут иметь место в озерах Лача и Воже (до 250 т рыбы в год). Следует отметить, что при оценке ущерба принимались во внимание не современные, а потенциальные уловы рыбы, которые значительно больше современных. Потери рыбной продукции на р. Онеге, так же как и на р. Северной Двине, предусмотрено полностью компенсировать строительством Пинежского семужьего завода.

Уменьшение стока р. Онеги в среднем на 12 % приведет к более глубокому проникновению морских соленых вод в устье р. Онеги (на несколько километров). Однако практического ущерба это не принесет. Дело в том, что в устье р. Онеги, где расположен небольшой г. Онега и несколько деревень, частое проникновение соленых вод наблюдается и в естественных условиях во время приливов и отливов и ветровых сгонов. Поэтому водоснабжение населения здесь издавна ориентировалось на подземные воды и малые водотоки.

Река Онега ниже Каргопольского гидроузла, замыкающего систему переброски, несудоходна почти до самого устья (из-за многочисленных порогов). По той же причине здесь невозможен сплав леса в плотах и судах; издавна практиковался только молевой сплав. Поскольку молевой сплав, засоряющий ложе реки, в ближайшей перспективе будет прекращен, отбор воды из р. Онеги не окажет отрицательного влияния на условия лесосплава и судоходства ниже зоны отъема воды.

Уменьшение стока в 2 раза у г. Каргополя и на 12 % в устье вызовет некоторое снижение уровней воды в реке, в основном в паводковый период (в межень сохранятся санитарные попуски, близкие к естественным расходам 95 %-ной обеспеченности). Снижение уровней приведет к уменьшению заливаемости пойменных лугов. Однако для поймы р. Онеги этот вопрос мало актуален, поскольку пойма невелика и слабо используется [91]. Неблагоприятное влияние отбора воды проявится всего на нескольких десятках гектаров лугов. Сроки замерзания и вскрытия р. Онеги изменятся не больше, чем на 5—7 дней [40].

Уменьшение расходов воды в истоке р. Онеги ухудшит условия разбавления сточных вод, сбрасываемых в реку, хотя оно будет ограничено сохранением санитарных расходов воды — более значительных в паводок, несколько меньших в межень. Отбору воды из р. Онеги благоприятствует чрезвычайно слабое развитие экономики в бассейне этой реки. Население в речной долине составляет

всего несколько десятков тысяч человек. Источниками загрязнения вод являются целлюлозно-бумажные комбинаты, расположенные на реках Волошке и Кодине, впадающих в р. Онегу ниже зоны отъема воды. Независимо от перераспределения водных ресурсов, на этих предприятиях должны быть осуществлены водоохранные мероприятия.

Плотина Каргопольского гидроузла на р. Онеге будет располагаться в 4 км выше г. Каргополя. При таком расположении и при принятом режиме сохранения уровней оз. Лача полностью исключается подпор грунтовых вод в районе города, а снижение уровня воды в реке в черте города (из-за отъема части стока) составит около 1 м в паводок и до 0,2 м в межень. На р. Свидь, соединяющей озера Воже и Лача, будет построен Свидский гидроузел, в районе которого подпор воды составит около 1 м на протяжении нескольких километров. Другой участок подпора — верхний бьеф Ухтомицкого гидроузла, где напор воды будет около 6 м, а затопления будут минимальные (табл. 20). В оз. Воже уровни воды не

ТАБЛИЦА 20

Основные показатели систем первой очереди переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги

Показатель	Единица измерения	I этап		II этап	III этап
		озера Лача и Воже	оз. Кубенское и р. Верхняя Сухона	оз. Онежское	р. Печора
Сток в устье реки	км³/год	16	109	78	128
Сток в месте отбора	„	3,4	10,5	19,5	19,2
Перебрасываемый сток	„	1,8	4,0	3,5	9,8
Протяженность трассы	км	390	480	360	330
в т. ч. каналов	„	42	64	134	108
Высота подъема воды	м	11	7	81	30
Количество гидроузлов	шт.	3	3	5	3
Количество каналов	„	1	2	4	3
Земляные работы	млн. м³	19	99	50	217
Бетон и железобетон	тыс. м³	86	633	207	1900
Каменные	„	95	495	460	1170
Технологическое оборудование	тыс. т	3,4	18,9	9,6	28,7
Мощность насосных станций (НС)	МВт	2	50	175	260
Мощность ГЭС	„	7	—	—	133
Расход электроэнергии НС	млн. кВт·ч	29	67	968	1043
Выработка электроэнергии на ГЭС системы	„	34	—	—113	568
Выработка энергии на Волжско-Камских ГЭС	млн. кВт·ч	310	680	600	2180
Затапливаемые земли	тыс. га	0,7	11,8	0,2	217
В т. ч. сельскохозяйственные угодья	„	0,2	6,2	0,02	5,1
Переселение жителей	чел.	140	2690	490	16 000
Объем лесоводки	млн. м³	0,03	0,57	0,02	12,6

изменятся, так же как и проточность: вместо стока по р. Свидь вода будет вытекать из озера по Воже-Кубенскому каналу. Гидрохимический состав вод озер Лача и Воже не изменится [40].

Некоторые авторы высказывали предложения о расширении объема первой очереди переброски вод озер Лача и Воже за счет продления зоны отъема воды ниже по р. Онеге до д. Конево (со строительством Коневского гидроузла) с одновременной подачей около 2 км^3/год из р. Водлы (бассейн Онежского озера) через оз. Кено в р. Онегу и затем вверх по реке в оз. Кубенское [91]. При этом объем переброски доводится до 6 км^3/год, в том числе 4 км^3/год из р. Онеги. Такое предложение безусловно заслуживает внимания, но вряд ли его целесообразно осуществлять в первой очереди переброски, так как увеличение отъема воды из р. Онеги более чем вдвое (до 30 % устьевого стока) требует дополнительных тщательных исследований. В то же время это предложение удачно вписывается в рамки рекомендуемого состава второй очереди переброски со строительством Онежскогубского водохранилища и устройством каскада гидроузлов на р. Онеге в качестве пускового комплекса.

Ниже Ухтомицкой ГЭС на Воже-Кубенском канале предусматривается расчистка русла р. Ухтомицы с тем, чтобы поток перебрасываемой воды проходил по руслу реки при уровнях воды ниже уровней высоких паводков, не причинив таким образом ущерба населению и народному хозяйству.

Дальнейшим совершенствованием проектных решений по системе Лача—Воже является предложение о сбросе вод из оз. Воже непосредственно в Шекснинское водохранилище (в Кубенско-Шекснинский канал), минуя оз. Кубенское. В этом случае воды оз. Кубенского, наиболее ценного в экологическом отношении в данном районе, вообще не подвергнутся каким-либо изменениям.

Переброска из верховья р. Сухоны и оз. Кубенского. Подача воды из р. Верхней Сухоны и оз. Кубенского в Рыбинское водохранилище на р. Волге уменьшает сток р. Сухоны на 4 км^3/год, или менее 4 % стока в устье Северной Двины. Однако расположение в устье Северной Двины такого крупного города как Архангельск требует самого внимательного рассмотрения возможных последствий отбора воды. Наблюдающееся довольно часто и в естественных условиях проникновение соленых вод в устьевую область р. Северной Двины создает значительные трудности для городского хозяйства. Поэтому исключительно важным было назначение такого режима переброски вод, при котором бы частота проникновения соленых вод не увеличилась. Поскольку все случаи глубокого проникновения соленых вод наблюдались при малых расходах воды в р. Северной Двине, т. е. в меженные периоды (осень—зима) маловодных лет, то проектный режим предусматривает полное сохранение в реке естественных расходов маловодной межени. Отъемы почти целиком осуществляются в период весеннего половодья. Следует отметить, что это решение дается дорогой ценой. Так, пропускная способность Кубенско-Шекснинского

канала и Порозовицкой насосной станции принимается равной 800 м³/с. При равномерной загрузке канала с учетом уменьшения пропускной способности в зимний период, когда канал покрывается льдом, годовой объем переброски мог бы составить 20,5 км³. Фактически средний многолетний объем переброски составит 5,8 км³/год, т. е. благоприятный для окружающей среды режим водоподачи на юг достигается созданием более чем трехкратного запаса пропускной способности системы с соответствующим увеличением стоимости сооружений.

Уменьшение водности р. Северной Двины отрицательно скажется на рыбопродуктивности этой реки. Ущерб потенциальным уловам оценивается в 100 т, в том числе 50 т семги. Его намечается компенсировать строительством Пинежского семужьего завода.

Как отмечалось, отъем воды из р. Сухоны намечается в основном в период половодья, в связи с чем был рассмотрен вопрос: повлияет ли это на условия заливаемости пойменных лугов ниже по течению. Поскольку на р. Сухоне ниже Камчугского гидроузла долина резко сужается и уклон сильно повышается, площадь лугов, на которых скажется изменение продолжительности их залития, ограничится несколькими сотнями гектаров. Еще ниже по течению, в долине р. Северной Двины, уменьшение объема весеннего половодья в небольших размерах (около 4 км³/год) может только положительно повлиять на сельское хозяйство, так как продолжительность стояния воды здесь на заливных лугах сейчас чрезмерно велика.

Принятый режим подачи воды на юг обеспечивает сохранение гарантированных глубин и расходов воды для судоходства и лесосплава на р. Северной Двине. Для р. Сухоны заданные речным транспортом и лесной промышленностью гарантированные попуски воды обеспечиваются созданием замыкающего Камчугского гидроузла-регулятора и использованием регулирующей емкости (около 2 км³) Кубенского озера. Именно в результате соблюдения этих, а также санитарных попусков объем переброски ограничивается в среднем 4 км³/год при стоке у Камчуги 10,5 км³/год.

В результате изъятия части стока гарантированные глубины в среднем и нижнем течении р. Сухоны сохранятся, в то время как негарантированные глубины, наблюдающиеся не весь навигационный сезон, снизятся. Однако этот неизбежный минус будет с избытком компенсирован созданием гарантированной глубины 2,5 м в верховьях р. Сухоны (при современной 1,5 м), с выходом в Волго-Балтийскую систему. Выполнение расчисток в русле р. Вологды может в этом случае сделать г. Вологду портом Единой глубоководной системы Европейской части страны.

Подпор от Камчугского гидроузла (около 8 м в межень и 4 м в паводок) распространится примерно на 180 км вверх по течению р. Сухоны и сойдет на нет около устья рек Вологды и Лежи. Площадь затоплений в целом по системе Кубенское—Сухона составит почти 12 тыс. га (табл. 20), в том числе 6 тыс. га лугов. Площадь

подтапливаемых сельскохозяйственных угодий (до 1 м над горизонтом воды) оценивается в 1 тыс. га. Для компенсации потерь лугов намечается освоение новых, ранее заболоченных земель с организацией на них новых совхозов и поселков современной планировки.

При проектировании переброски вод из оз. Кубенского и р. Верхней Сухоны много внимания уделялось устранению возможных отрицательных последствий создания «антиреки» в верховьях р. Сухоны. Главный недостаток такого решения — поступление при обратном течении сточных вод (пусть и очищенных) городов Вологды и Сокола, Сухонского и Сокольского целлюлозно-бумажных предприятий в Кубенское озеро, которое рассматривается как перспективный источник водоснабжения, а также является потенциально высокопродуктивным рыбохозяйственным водоемом. Расчеты показали возможность подобрать такой режим отбора воды, при котором в оз. Кубенское будут попадать воды р. Сухоны только до устья рек Вологды и Лежи (включительно), а воды впадающие ниже р. Пельшмы, которая несет с собой сбросы целлюлозно-бумажных предприятий и отчасти г. Сокола, стекают вниз по реке. В XI пятилетке закончится отладка уже построенных очистных сооружений Сокольского промузла, после чего сбросные воды становятся безопасными для окружающей среды, тем не менее они сохраняют часть загрязняющих веществ.

Попадание даже части сточных вод г. Вологды в Кубенское озеро многие специалисты коммунального хозяйства рассматривают как отрицательный момент. Действительно, при сравнительно небольшом (около 70 км) расстоянии до озера сточные воды города не успеют пройти естественную очистку и могут создавать очаги загрязнения в озере. В связи с этим в проекте системы Кубенское—Сухона, кроме варианта «антиреки», рассматривается вариант раздельной подачи воды в р. Волгу: из озер Лача, Воже и Кубенского — через Кубенско-Шекснинский канал в Шекснинское водохранилище, а из р. Верхней Сухоны — по Костромскому каналу в р. Кострому. Этот канал возьмет начало из р. Сухоны несколько ниже пос. Шуйского, пройдет по пойме р. Ихалицы до насосной станции, которая поднимет воду на высоту около 15 м. Пройдя водораздел, канал пойдет по р. Тутке — правобережному притоку р. Костромы. На р. Тутке будет построен небольшой гидроузел с ГЭС (аналогичной Ухтомицкому гидроузлу на Воже-Кубенском канале). При этом решении можно продлить судоходство по р. Костроме до устья р. Тутки, тогда как сейчас оно ограничено только низовьями реки.

Существенным преимуществом варианта с Костромской ветвью является исключение выемки загрязненных донных отложений р. Сухоны для устройства руслового канала на подходе «антиреки» к Верхнесухонскому гидроузлу.

При любом варианте подачи воды на юг проточность Кубенского озера возрастет, что приведет к снижению рыбопродуктивности водоема. С целью компенсации в проект переброски включено

строительство Кубенского нельмового завода, который не только возместит возможный небольшой ущерб, но и даст дополнительную рыбную продукцию.

По трассе Кубенско-Шекснинского канала к возможным отрицательным последствиям его сооружения следует отнести подтопление земель и переработку берегов. Для сведения к минимуму подтопления намечается разместить Порозовицкую насосную станцию в выемке на расстоянии 17 км от истока канала из Кубенского озера. На участках слабых грунтов предусматривается крепление откосов канала или создание неразмываемого «пляжного» откоса.

Весьма сложным оказался вопрос о пропуске перебрасываемой воды через Шекснинское водохранилище и р. Нижнюю Шексну без нарушения уровенного режима этого водохранилища и оз. Белого. Детальные исследования этой проблемы на высоком научно-методическом уровне были выполнены в 1980—1983 гг. группой ученых Государственного гидрологического института во главе с Р. А. Нежиховским [92]. В результате исследований было установлено, что при пропуске расходов первой очереди переброски (5,8 км^3/год по Кубенско-Шекснинскому каналу и 3,5 км^3/год из Онежского озера) потребуется расчистка русла р. Шексны на участке длиной 5 км, и истоке из оз. Белого. Объем расчисток, определенный исследователями в размере 2 млн. м^3, включен в проект. Для р. Нижней Шексны установлено, что в районе г. Череповца уровень воды при первой очереди переброски поднимется всего на 8 см в случае пропуска паводка 1 %-ной обеспеченности, что не представляет опасности для города. Установлено также, что использование р. Нижней Шексны как тракта переброски даже бо́льших, чем первая очередь, масс воды, будет сопровождаться сравнительно небольшими русловыми деформациями.

Переброска из Онежского озера. Подача воды из оз. Онежского предусматривается в объеме 3,5 км^3/год, что составляет менее 5 % стока р. Невы. Поскольку вынос биогенных веществ р. Невой в Финский залив определяет уловы рыбы, долгое время считали, что эти уловы уменьшатся пропорционально отбору воды. Исходя из этого, предполагалось, что рыбное хозяйство будет терпеть ущерб (потери уловов салаки) в размере 900 т/год. Однако такой подсчет оказался не точен. Дело в том, что перебрасываются воды Онежского озера, которые менее богаты (на порядок) биогенными элементами, чем невская вода. Отсюда следует, что ущербы рыбного хозяйства Финского залива и Ладожского озера не превысят 100 т/год. Потери рыбной продукции в Онежском озере оцениваются всего в 10 % [40], поскольку уровни воды в озере сохранятся неизменными и каких-либо ощутимых для рыбы изменений течений не будет.

Уменьшение стока р. Невы на 5 % рассматривалось в увязке с санитарным состоянием дельты р. Невы и Невской губы, особенно с учетом изменения условий проточности губы после возведения строящихся сейчас сооружений по защите Ленинграда от наводнений. Поскольку для обеспечения необходимых санитарных

условий расчетным является минимальный средний месячный расход 95 %-ной обеспеченности (для р. Невы это 940 м³/с), в проекте переброски предусмотрено, что задолго до наступления такого маловодья, а именно начиная с расхода 1200 м³/с, откачка воды из Онежского озера прекращается. Прекращается она и при снижении уровня Онежского озера ниже отметки 32,0 м БС.

Отъем 3,5 км³/год воды окажет определенное влияние на процесс антропогенного евтрофирования Ладожского озера. В настоящее время поступление в водоем фосфора (который является критическим компонентом для Ладожского озера) приблизилось к пределу, за которым может произойти переход озера из мезотрофной стадии в евтрофную [7]. Изъятие бедных фосфором вод р. Свири равноценно увеличению поступления в Ладожское озеро фосфора на 4—5 %. Поэтому необходимо до начала отбора воды закончить строительство очистных сооружений в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 16 июля 1976 г. «О мерах по усилению охраны от загрязнения бассейна Балтийского моря» [1]. Наибольший эффект ожидается от перевода Волховского алюминиевого завода им. С. М. Кирова на замкнутое оборотное водоснабжение, что уменьшит поступление фосфора в озеро на 25 %. Это в пятикратном размере компенсирует отрицательное влияние отъемов воды. Необходимо также принять меры к завершению строительства очистных сооружений других предприятий и городов в бассейне Ладожского озера, обеспечить надлежащими очистными сооружениями все животноводческие комплексы, а в перспективе перевести наиболее крупные из них на сухую уборку навоза. Выполнение этих мероприятий необходимо независимо от переброски стока.

Переброска из Онежского озера намечается по трассе Волго-Балтийского водного пути им. В. И. Ленина (ВБВП). Здесь изменения, вносимые в окружающую среду, будут минимальными. Площади затоплений составят всего 200 га, так как на всем канале будет только один участок подпора: от нижнего бьефа Пахомовского гидроузла (последняя ступень подъема воды), где горизонт воды поднимается примерно на 1 м, до оз. Белого, у которого подпор сойдет на нет. При пропуске 3,5 км³/год воды по ВБВП намечаются дополнительные расчистки судового хода и русла р. Шексны в целях недопущения изменений уровенного режима оз. Белого. Пропуск через озеро перебрасываемой воды увеличивает скорость течения на 1 см/с, что практически неощутимо для экосистемы.

Переброска из р. Печоры. Из верховий р. Печоры намечается отъем 9,8 км³/год воды, что составляет примерно половину стока в створе Митрофановского гидроузла, или 7—8 % стока в устье реки. Государственным океанографическим институтом были проведены специальные исследования изменений режима солености в устье р. Печоры. Выявилось, что даже при втрое бо́льших отъемах воды, чем намечается, соленые воды с минерализацией более 1 ‰ не дойдут на 20—40 км до г. Нарьян-Мара — последнего круп-

ного населенного пункта близ устья р. Печоры. На 2—3 сут здесь сместятся сроки вскрытия льда и на 5—7 сут — сроки замерзания [40].

Уменьшение стока р. Печоры заметно скажется на условиях судоходства и регулярности залития лугов на участке от Митрофановского до устья р. Шугор и в меньшей степени на участке от устья р. Шугор до пос. Усть-Уса. Снизится продуктивность 5 тыс. га лугов. Такой сравнительно небольшой ущерб объясняется тем, что весной из Митрофановского водохранилища будет осуществляться попуск в дополнение к половодью, формирующемуся на притоках. Необходимые для речного транспорта судоходные попуски обеспечат сохранение гарантированных глубин на реке, но средние уровни все же понизятся. Ущерб водному транспорту будет с избытком компенсирован созданием выхода с Верхней Печоры (от пос. Троицко-Печорска) в реки Каму и Волгу.

Весьма существенным является ущерб рыбному хозяйству р. Печоры, выражающийся в потере до 50 % потенциальных уловов семги (350 т/год) и около 1100 т/год других видов рыб. Для компенсации этого ущерба намечается строительство лососевых и семужье-нельмовых рыбоводных заводов, садковых и прудовых хозяйств.

Митрофановское водохранилище является самым крупным в составе первой очереди переброски. Вместе с небольшими Комсомольским и Фадинским водохранилищами общая площадь затоплений по печорскому направлению составит 2170 км². В основном это леса и кустарники (до 80 %) и 5,1 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Площадь подтоплений, по данным специализированной гидрогеологической съемки и прогнозу, составит около 450 км². Потери сельскохозяйственной продукции с затапливаемых и подтапливаемых земель, а также пойменных лугов будут компенсированы освоением новых площадей. Деловую древесину в зоне затопления предусматривается полностью реализовать, а ложе водохранилища (до уровня на 5 м ниже УМО) очистить от леса и кустарника. Намечается также создание новой жилой застройки взамен затапливаемых домов (в том числе в пос. Троицко-Печорске — в пределах того же населенного пункта). Зона затопления не затрагивает ни одного перспективного месторождения нефти, газа и других полезных ископаемых.

Сложным является вопрос о всплытии части торфяников в зоне затопления. По аналогии с построенными на севере водохранилищами это явление прогнозируется на 8—10 % площади болот, или примерно на 7 тыс. га. Технология борьбы с всплыванием торфяников отработана на ряде водохранилищ, и прежде всего на Рыбинском, где масштабы явления намного превышают ожидаемые на Митрофановском водохранилище. Всплывшие островки торфа отбуксировывались к берегу, и постепенно интенсивность всплывания приближалась к затуханию. При рассмотрении печорско-камского водного соединения принималось во внимание ухудшение качества воды после затопления ложа водохранилища.

Показатели качества останутся в пределах нормативов, поскольку на всем протяжении Верхней Печоры (до г. Печора) нет крупных источников загрязнений.

В ходе уточнения ТЭО первой очереди переброски части стока северных рек в р. Волгу, выполнявшегося в 1983—1984 гг., определилась возможность дальнейшего усовершенствования проектных решений по переброске вод р. Печоры. Выявилось, что в условиях, когда дальнейшее возможное расширение подачи воды на юг из этой реки по основному руслу не рекомендуется (оно если и будет осуществляться, то по Анти-Ижме), нет необходимости располагать створ основного водохранилища так далеко вниз по течению, как это намечалось в схеме с Митрофановским гидроузлом. При этом появилась возможность вернуться на Покчинский створ, где предполагалось построить главный гидроузел в проектных предложениях 1967 г. Тогда объем переброски будет меньше на 0,7 км³/год, или на 7 %, но площади затоплений уменьшатся с 2170 до 1685 км², или на 22 %, переселяемое население — с 16 000 до 12 000 человек, или на 25 %, а стоимость строительства снизится на 12 %. На следующей стадии проектирования этот вариант створа гидроузла будет разработан подробно и, вероятнее всего, будет рекомендован как основной.

Влияние переброски на водохранилища Волжско-Камского каскада. Принятый в проекте принцип отбора воды преимущественно в периоды паводка и в многоводные годы предопределяет неравномерность поступления перебрасываемой воды в водохранилища Волжско-Камского каскада. В этой связи был изучен вопрос о допустимости такого режима водоподачи. На рис. 10 представлены ряды колебаний объемов поступления воды в р. Волгу раздельно по направлениям переброски и по первой очереди в целом. Сопоставление объемов переброски со стоком р. Волги в соответствующие годы показывает, что за счет некоторой несинхронности стока северных рек между собой, а также стока северных рек и р. Волги происходит существенное сглаживание колебаний. Об этом свидетельствует уменьшение коэффициента вариации C_v рассматриваемых стоковых рядов при переходе от объемов переброски по отдельным направлениям к объему первой очереди в целом, а также некоторое уменьшение C_v стока р. Волги после переброски (табл. 21).

ТАБЛИЦА 21

Значение C_v для годовых объемов стока (1914—1976 гг.)

Переброска из озер Лача, Воже, Кубенское и Верхней Сухоны	Переброска из оз. Онежского	Переброска из р. Печоры	Первая очередь переброски в целом	Сток р. Волги	Сток р. Волги плюс первая очередь переброски
0,50	0,09	0,23	0,23	0,19	0,185

Кроме многолетних колебаний объема перебрасываемого стока, будут наблюдаться ежегодные сезонные колебания: от максимальных расходов в период половодья до полного прекращения водоподачи в межень маловодных лет. Однако эти колебания не окажут отрицательного влияния на волжско-камскую водохозяйственную систему. Дело в том, что уже в современных условиях данная

Рис. 10. Объемы переброски (км³/год) по направлениям I очереди в предположении о повторении гидрометеорологических условий периода 1914—1976 гг.

а — из озер Лача, Воже, Кубенского и Верхней Сухоны, *б* — из оз. Онежского, *в* — из р. Печоры, *г* — суммарно по первой очереди в целом.

система «недодает» рыбному хозяйству требуемый объем весеннего половодья; в этих условиях режим переброски органически вписывается в график потребности в воде.

Наконец, многолетние и сезонные колебания поступления воды в бассейн р. Волги, даже если бы они имели бо́льшие размеры, чем получилось в проекте, приемлемы еще и потому, что они полностью «гасятся» таким громадным естественным регулятором стока, каким является Каспийское море. Поэтому любое количество воды, которое можно безболезненно подать с севера, сохранив требуемые попуски на северных реках и не нарушив уровенный режим озер и водохранилищ по трассе переброски, полезен

для Каспийского моря, так как будет способствовать сохранению его уровня.

Подача части стока северных рек в волжский бассейн в объеме первой очереди не вызовет существенных изменений уровенного режима Волжско-Камских водохранилищ. Поскольку на всем протяжении рек Волги и Камы от Рыбинского и Камского до Волгоградского водохранилища обе эти реки находятся в подпоре и уровенный режим полностью управляем, предусматривается сохранение не только максимальных и минимальных горизонтов воды, но и продолжительности стояния этих уровней. Ввиду того, что воды северных рек менее загрязнены, чем воды рек Волги и Камы, их подача на юг улучшит гидрохимический режим Рыбинского и других Волго-Камских водохранилищ, хотя это улучшение из-за небольших сравнительно объемов переброски будет не очень заметным. Безусловно, необходимо и дальше продолжать нарастающими темпами строительство очистных сооружений и замкнутых водооборотных систем в бассейнах рек Волги и Камы.

Охрана памятников истории и культуры. При изучении влияния планируемого перераспределения речного стока на окружающую среду нельзя обойти вниманием и такой вопрос, как сохранение памятников истории и культуры. Он приобретает в данном случае особую остроту в связи с тем, что трассы подачи воды проходят по местам, сыгравшим исключительную роль в истории русского народа. Здесь расположены всемирно известные шедевры русской архитектуры XIV—XV веков и более позднего времени, такие как комплекс Кижи, Кирилло-Белозерский и Ферапонтов монастыри, Софийский собор и Спасо-Прилуцкий монастырь в г. Вологде и многие другие. Широко известны старинные русские города Вологда, Великий Устюг, Каргополь, Белозерск, Тотьма и ряд других, представляющие собой настоящие города-музеи.

Перед проектировщиками стояла непростая задача — наметить такие технические решения, которые не нанесли бы ущерба историко-архитектурным ценностям. Необходимые решения были найдены. Прежде всего это — сохранение без заметных изменений режима уровней воды озер Лача, Воже, Кубенское, Онежское и Белое, на берегах и островах которых расположено множество известных памятников и, в частности, знаменитые Кижи на Онежском озере. Не менее важно и то, что трассы водопроводящих каналов намечались в основном по необжитым местам, примером чего являются Воже-Кубенский, Кубенско-Шекснинский и Костромской каналы. Первоначально трасса Кубенско-Шекснинского соединения намечалась по существующему Северо-Двинскому каналу, недалеко от которой (правда, на значительном возвышении) находится Ферапонтов монастырь. В состав Северо-Двинской системы входит Сиверское озеро, на берегу которого расположен Кирилло-Белозерский монастырь. И хотя проектом не предусматривалось изменение уровней Сиверского озера, само соседство выдающихся памятников с новым крупным каналом вызывало тревогу общественности. Это явилось одним из аргументов в пользу

отказа от Северо-Двинской трассы и перехода к «южной» трассе Кубенско-Шекснинского канала через оз. Никольское, которая и принята к осуществлению.

Перераспределение речного стока не затронет старинные русские города севера. Город Каргополь на р. Онеге расположен в непосредственной близости от намечаемых гидросооружений, но поскольку максимальные уровни половодья в реке понизятся, то ни о каком подтоплении не может идти речи. Город Белозерск находится на берегу оз. Белого, уровенный режим которого не претерпит изменений. Первой очередью переброски г. Великий Устюг совсем не затрагивается, вторая очередь также не вызовет его подтопления, так как водоподъемная плотина будет построена в 14 км выше города. Не произойдет и подтопления г. Вологды: подпор от Камчугской плотины на р. Сухоне не доходит до городской застройки. Город Тотьма тоже не будет подтоплен, в зону влияния водохранилища попадает лишь несколько десятков зданий, в том числе 5 культовых памятников, все они включены в зону инженерной защиты.

При строительстве дамбы в Онежской губе Белого моря в составе второй очереди переброски изменения уровня воды за дамбой не выйдут за пределы наблюдающихся приливо-отливных колебаний, вследствие чего не будет нанесен ущерб Соловецкому монастырю. Возможные небольшие изменения уровня грунтовых вод могут быть устранены дренажом. Рассматривается также вариант трассы дамбы в обход Соловецкого монастыря, предварительные проработки показывают, что скорее всего именно этот вариант будет рекомендован к дальнейшему изучению.

6.6. Системы межбассейновой переброски стока в южной зоне Европейской части РСФСР

Переброска части стока северных рек в бассейн р. Волги представляет собой основное, самое крупное звено системы территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР. Характерно, что во всех вариантах северного питания вода поступает именно в р. Волгу: действительно, географическое положение этой реки, верховья которой (включая притоки) пересекают в широтном направлении почти всю Европейскую территорию России, предопределяет ее главную роль в системе распределения воды. Из бассейна р. Волги намечается ряд перебросок в соседние бассейны (рис. 11); таким образом перераспределяется не только сток р. Волги, но и поступающие в нее северные воды.

Уже сейчас в бассейне р. Волги действует ряд внутрибассейновых водных соединений; примером может служить канал Волга—Уводь для водоснабжения г. Иванова, но, конечно, самым крупным из них является канал им. Москвы; в перспективе намечается расширение этого канала. Для подпитки Иваньковского водохранилища, откуда берет начало канал, уже сейчас осуществляется

Рис. 11. Межбассейновое перераспределение стока на Нижнем Поволжье и Северном Кавказе.

1 — существующие гидроузлы, *2* — проектируемые гидроузлы, *3* — существующие каналы, *4* — проектируемые каналы.

переброска вод Верхней Мсты в р. Волгу в размере 0,9 км³/год; в перспективе намечается ее увеличить в 2,5 раза. Другим каналом внутрибассейновой переброски стока может стать канал Угра—Москва, намечаемый для подачи вод из верховьев р. Оки в юго-западную часть столицы и прилегающие районы области.

Одной из планируемых систем перераспределения речного стока является водохозяйственная система Ока—Дон—Оскол. В отдаленной перспективе по ней намечается подавать около 1,4 км³ воды в год для нужд черной металлургии района КМА, для водоснабжения Тулы, Новомосковска, Липецка.

Из бассейна р. Волги уже сейчас ведется небольшая переброска воды в Зауралье — из рек Уфы и Белой. В перспективе эта переброска увеличится до 0,9 км³/год.

Самые крупные каналы переброски в зоне распределения волжского стока расположены на юге региона. Здесь уже построен Саратовский канал, используемый для орошения и перебрасывающий часть вод в бассейны рек Большой Узень и Малый Узень. Начинается строительство Куйбышевского канала, концевая часть которого дойдет до бассейна р. Урала. Разработан проект первой очереди строительства канала Волга—Урал [116] с отъемом воды из Волгоградского водохранилища у с. Левчуновки 1,7 км³/год на уровне отдаленной перспективы, с машинным водоподъемом на высоту 30 м. Канал протяженностью 450 км попутно оросит часть земель междуречья Волга—Урал и подаст 1,1 км³ воды в год в р. Урал ниже г. Уральска для обводнения осетровых нерестилищ на этой реке.

Для подачи воды в бассейн Азовского моря с распределением ее между областями и краями Северного Кавказа в Союзгипроводхозе разработано ТЭО (утвержденное в установленном порядке) и составляется проект переброски части стока р. Волги в р. Дон в объеме 5,5 км³/год [29]. На стадии ТЭО было рассмотрено свыше 20 возможных трасс, из которых основными конкурирующими были существующий Волго-Донской судоходный канал им. В. И. Ленина (ВДСК) и новая трасса севернее г. Волгограда с забором воды из Волгоградского водохранилища у с. Ерзовки со сбросом в Цимлянское водохранилище ниже впадения в него р. Иловли. При примерном равенстве капиталовложений первая трасса, несмотря на кажущееся преимущество реконструкции существующего сооружения, оказалась значительно более сложной как в техническом отношении, так и в особенности по условиям производства работ без остановки судоходства, и признана неприемлемой по экологическому ущербу, наносимому естественному воспроизводству осетровых на многочисленных нерестилищах ниже плотины Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС до входа в ВДСК. По принятому варианту (рис. 12) вода поднимается из Волгоградского водохранилища на высоту 80 м, проходит водораздел открытым каналом (расход воды 250 м³/с) и сбрасывается в Цимлянское водохранилище через каскад из трех ГЭС.

Из общего объема переброски воды в р. Дон, предназначенного для нужд орошения, примерно две трети используется для расширения поливных земель непосредственно в бассейне р. Дона (на площади почти 700 тыс. га), а одна треть подается дальше, в междуречье Дон—Кубань на территории Ростовской области и Краснодарского края, где в отдаленной перспективе будет освоено 360 тыс. га. Забор воды из р. Дона на эти цели намечается осуществить путем строительства Ростовско-Краснодарского канала [29]. Головная часть его берет начало из верхнего бьефа проектируемого Багаевского гидроузла на р. Дону и вдоль р. Маныч доходит до Веселовского водохранилища на этой реке, в которое вода закачивается насосной станцией с подъемом 9 м. Из Веселовского водохранилища вода поднимается на высоту 85 м на Азово-Кубанскую равнину и идет в направлении на юг. Протяженность трассы первой очереди 160 км, объем переброски 1,9 км³/год.

Рис. 12. Продольный профиль (*а*) и схема (*б*) трассы переброски части стока р. Волги в р. Дон.

1 — насосные станции, *2* — ГЭС, *3* — существующие гидроузлы, *4* — проектируемые гидроузлы, *5* — направление и объем переброски.

В более отдаленной перспективе от Ростовско-Краснодарского канала (РКК) планируется ответвление Северо-Ставропольского канала (ССК). Свое начало он возьмет из Пролетарского водохранилища, в которое вода, подаваемая головной частью РКК в Веселовский бьеф, будет перекачиваться насосной станцией на высоту 4 м.

Головная часть ССК представляет собой каскад насосных станций, поднимающих воду на 110 м, после чего трасса пройдет в широтном направлении до р. Калаус. По р. Калаус проходит граница экономически оправданной подачи волжской воды в Ставрополье с запада. Земли северо-восточной части Ставропольского края будут обеспечены водой за счет строительства канала Волга—Чограй (рис. 11).

Описанные каналы переброски вместе с выбранными объектами подачи северных вод в р. Волгу формируют систему территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР. К этой системе примыкает с юга (через Каспийское море) намечаемая переброска из р. Риони в р. Куру, а с запада строящийся канал Днепр—Донбасс. Эти связи осуществят интеграцию водохозяйственных объектов РСФСР в рамках объединенной водохозяйственной системы Европейской части СССР.

7. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Очевидно, что решение о необходимости строительства любого объекта, а тем более такого крупномасштабного и сложного, как система территориального перераспределения речного стока, может приниматься только на основе правильно выполненной оценки экономической эффективности предлагаемых мероприятий, с включением в эту оценку также и социальных аспектов. Методика такой оценки изложена в работах [62, 83, 118]. Водное хозяйство имеет определенную специфику, которая накладывает свой отпечаток на детали экономической оценки; этому вопросу посвящен целый ряд исследований [41, 138].

Как уже отмечалось в п. 6.4, при оценке влияния переброски стока на окружающую среду особое внимание уделяется оценке устраняемых и возникших при строительстве ущербов, методика которой в последнее время разрабатывалась в нашей стране и за рубежом [131, 133, 137]. При этом некоторые исследователи, столкнувшись с большими трудностями в оценке ущербов, пытаются найти выход из положения путем введения методов многокритериальной оценки. По нашему представлению, этот путь мало перспективен, так как требует волевого назначения веса различных критериев, устанавливаемого экспертным путем. Автор согласен с мнением А. Фишера, который считает, что нет никаких оснований не включать все виды влияния межрегиональной переброски стока на окружающую среду в суммарные затраты в форме ущербов [131].

Особо сложным при экономической оценке намечаемых систем переброски является вопрос о том, какую методику следует принимать, если эти системы строятся в природоохранных целях, как, например, в рассматриваемой проблеме, где главной целью является сохранение внутренних морей Каспийского и Азовского. При решении аналогичного вопроса в отношении Аральского моря многие специалисты высказали мнение о нецелесообразности вкладывания десятков миллиардов рублей в решение проблемы этого моря; другие выдвигали полярно противоположные суждения. По-видимому, вопрос должен решаться на основе сопоставления за-

трат на переброску воды и возможных ущербов от непринятия мер, причем масштабы отрицательных последствий от снижения уровня Каспийского моря в десятки раз превышают ущербы, которые этот же процесс вызывает на Аральском море [114].

Экономическую оценку эффективности переброски вод северных рек ЕТС в р. Волгу целесообразно выполнить отдельно для первой очереди [19], подготовительные работы по строительству которой уже начались в XI пятилетке, и по последующим очередям, работа над которыми переходит в следующее столетие (в этот период современные экономические нормативы претерпят существенные изменения).

Первая очередь переброски обеспечит развитие народного хозяйства плотно населенной территории бассейнов Каспийского и Азовского морей, позволит без ущерба для природно-хозяйственного комплекса этих морей расширить площадки орошения в регионе примерно на 4 млн. га и получать за счет этого ежегодно дополнительно около 3 млн. т молока, 1 млн. т мяса, 5,5 млн. т овощей, бахчевых и картофеля, 1 млн. т плодов и ягод, 3 млн. т сахарной свеклы. Выработка электроэнергии на существующих ГЭС Волжско-Камского каскада увеличится на 3,5 млрд. кВт·ч/год, что на 2 млрд. кВт·ч/год больше затрат электроэнергии на подъем воды в системах переброски стока северных рек. Будут сохранены современные судоходные условия на р. Волге (по гарантированной глубине) и одновременно появятся новые глубоководные пути на реках Верхней Сухоне и Верхней Печоре; увеличатся расходы воды и соответственно улучшится качество волжской и камской воды [30].

Перечисленные положительные эффекты, достаточно четко оцениваемые в экономических категориях, являются в то же время и эффектами социальными. Так, значительное увеличение производства сельскохозяйственной продукции за счет орошения земель вносит весомый вклад в решение Продовольственной программы СССР. Сохранение экологии Каспийского и Азовского морей, как одно из крупнейших природоохранных мероприятий нашего времени, также решает первостепенную социальную задачу — обеспечение гармоничных взаимоотношений природы и общества. Посильное участие намечаемых гидротехнических систем в решении энергетических и транспортных проблем безусловно имеет как экономическое, так и социальное значение.

Как было показано, серьезной социальной проблемой, с которой будет сталкиваться строительство систем переброски, является недостаток трудовых ресурсов в областях севера. Эта проблема может и должна быть решена таким образом, чтобы не только не нанести ущерба существующим предприятиям, особенно колхозам и совхозам на севере, но и улучшить ситуацию в этой зоне. Представляется, что рабочая сила для строительства (12 тыс. человек для первого этапа и 29 тыс. человек в целом для первой очереди) должна быть привлечена за счет командирования (с соответствующими выплатами) рабочих и специалистов из мелиоративных

организаций южных областей РСФСР, поскольку эти области прямо заинтересованы в получении северной воды. Практика такого командирования уже частично осуществляется в рамках помощи южных областей и республик в развитии сельского хозяйства Нечерноземья. Для обеспечения этой меры в проекты систем переброски закладывается стоимость строительства современного жилья и объектов социальной инфраструктуры для 100 % контингента строителей. Ввод в действие больших площадей нового жилья при условии привлечения строителей из других районов создает условия для закрепления части строителей (после ввода в действие систем переброски) в областях севера.

Что касается использования на юге перебрасываемой воды, то здесь расширение масштабов поливного земледелия и, следовательно, повышение сборов сельскохозяйственной продукции в засушливые годы (в особенности кормов для животноводства) будет способствовать закреплению тружеников на селе.

В соответствии с «Типовой методикой» [118], разработанной АН СССР и Госпланом СССР, экономическая оценка должна выполняться с использованием методов сравнительной и абсолютной эффективности. Принцип метода сравнительной эффективности заключается в сопоставлении проектного варианта с альтернативными (которые в экономической литературе именуются «заменяемыми»). Критерием сравнения являются расчетные приведенные затраты (ежегодные издержки, дисконтированные с учетом фактора времени, плюс приведенные капиталовложения, умноженные на нормативный коэффициент сравнительной эффективности).

Если расчетные приведенные затраты проектного варианта меньше, чем заменяемого, при равной величине эффектов и одновременности их получения, то целесообразность осуществления проекта считается доказанной. При этом предварительно должна быть обоснована безусловность потребности в получаемых эффектах (в нашем случае увеличение производства продовольствия, электроэнергии, развитие транспорта, сохранение и улучшение окружающей среды).

В случае с переброской части стока северных рек в бассейны Каспийского и Азовского морей возникает такое большое число возможных заменяемых решений, что требуется вводить специальные критерии их отбора. Ниже излагаются предложения по решению этой задачи.

Казалось бы, проще всего рекомендуемые системы первой очереди переброски (из озер Лача, Воже, Кубенское и Онежское, верховьев рек Сухоны и Печоры) заменить переброской в том же объеме по другим направлениям, например из Онежской губы Белого моря или из р. Оби через р. Печору в р. Каму. Однако такая замена оказывается некорректной. Дело в том, что рекомендуемые варианты выбраны в результате сравнения всех возможных технических решений (п. 6.4) и являются наиболее предпочтительными. Поэтому такое сравнение не поможет ответить на вопрос, нужна ли переброска или нет.

Долгое время в качестве альтернативы переброске вод северных рек в р. Волгу рассматривалось строительство канала Черное море—Каспийское море [52]. Канал, идущий от Анапы вдоль берега Азовского моря до р. Маныч, а затем по Манычскому понижению, может подать достаточный объем воды для поддержания уровня Каспийского моря. Но и только. Главную проблему — сохранение рыбопродуктивности Каспийского моря — он не решит, поскольку для этого нужно не только поддержание среднего уровня моря на определенной отметке, но подача определенного объема стока в устье р. Волги, хотя бы не ниже современного. Невыполнение этого условия приведет к такой же деградации рыбного промысла Каспийского моря, как в случае отсутствия перебросок вообще. Кроме того, переброска черноморских вод приведет к нежелательным (в том числе непредсказуемым) последствиям в экосистеме Каспийского моря, ухудшит водный баланс Черного моря, вызовет необходимость отчуждения больших площадей обжитых земель по трассе канала и при этом потребует не меньших затрат, чем переброска такого же объема вод северных рек в р. Волгу.

Представляется, что в качестве заменяемого должен быть принят вариант без переброски стока в бассейн Каспийского моря (так называемый «нулевой вариант»). При этом могут быть две основные версии развития народного хозяйства южного региона. Первая из них предусматривает, что водопотребление будет развиваться такими же темпами, как и в случае переброски. Это означает, что сельское хозяйство даст ту же продукцию, что и при перебросках, но уровень Каспийского моря будет снижаться, стремясь в конечном счете к уровню равновесия z, положение которого тем ниже, чем больше средние многолетние безвозвратные изъятия воды из рек бассейна $\overline{W}_{из}$:

$\overline{W}_{из}$ км³/год	36	45	55
(в скобках—год, на который прогнозируются такие изъятия)	(1980)	(1990)	(2000)
$\tilde{z}$ м БС	—28,6	—29,6	—30,6

Тот факт, что из-за большой инерционности Каспийского моря выход на уровень равновесия произойдет с задержкой в 25—30 лет, не исключает ущербов, связанных со снижением уровня моря, а лишь перекладывает последствия принимаемого нынешним поколением решения на плечи следующего поколения. Наибольшие потери понесет, как уже отмечалось, рыбное хозяйство. Наряду с этим уменьшится выработка электроэнергии на ГЭС Волжско-Камского каскада вследствие уменьшения стока р. Волги; понесет убытки и водный транспорт, который из-за снижения попусков (а следовательно, глубин) на Нижней Волге будет работать с недогрузом. Для сопоставления нулевого варианта с проектным потребуется учесть:

— в рыбном хозяйстве — компенсацию потерь рыбной продукции путем рыборазведения в прудах (при этом потерянный объем черной икры не может быть воспроизведен альтернативными мероприятиями и должен быть компенсирован увеличением ежегодных издержек, частично с учетом цен мирового рынка, а также эффекта от реализации конвертируемой валюты);

— в электроэнергетике — компенсацию потерь энергии путем строительства атомных и тепловых электростанций;

— в водном транспорте — сооружение новых железнодорожных путей (существующие пути уже полностью загружены) и перевозку по ним той части грузов, которую не может взять на себя водный транспорт при пониженной глубине.

Однако в этом случае, даже уравняв все эффекты альтернативного и проектного вариантов, мы не можем считать их равноценными. Дело в том, что в нулевом варианте средний многолетний уровень Каспийского моря в конечной перспективе будет на 2 м ниже, чем в случае переброски, а это значит, что промысел всех ценных видов рыбы будет практически полностью потерян. Моральный ущерб от потери уникального природного дара, подобного которому нет больше нигде в мире, не может быть сброшен со счета, хотя и не поддается количественной оценке. Если считать по действующей методике, то этот вариант характеризуется наименьшими приведенными затратами. Здесь играет роль очень большая инерционность осетрового рыбного хозяйства (дающего подавляющую часть прибыли отрасли) — эффект снижения уровня Каспийского моря и стока р. Волги отражается на нем с задержкой в 15—20 лет. Это означает, что капиталовложения в прудовые рыбхозы потребуются через 10—15 лет после расчетного года (за который мы приняли год окончания строительства), поэтому при дисконтировании с учетом фактора времени капиталовложения уменьшатся в 2,2—3,2 раза. И хотя разница в приведенных затратах по вариантам невелика, по действующей методике получается выгодным допустить деградацию рыбного хозяйства Каспийского моря. Очевидно, что такой подход неправомерен. Общество расходует на природоохранные мероприятия очень большие средства, и при этом поддающийся исчислению экономический эффект не всегда покрывает произведенные затраты. По-видимому, результаты сравнения неприемлемы из-за того, что рассмотренные варианты неравноценны с природоохранной точки зрения [118].

Другая версия нулевого варианта, более обоснованная и поэтому принятая к окончательной оценке, предусматривает ограничение роста водопотребления в бассейнах Каспийского и Азовского морей. Это не значит, что в проектном варианте (с переброской) предусматривается «свободное» расходование водных ресурсов — предельная экономия воды заложена и в этом случае. Последнее вызвано тем, что переброска рассматривается как замыкающее мероприятие и только в таких размерах, которые необходимы после приведения в действие всех резервов в деле экономии воды в народном хозяйстве. При этом имеется в виду, что будет

осуществлена реконструкция устаревших оросительных систем, которых, кстати, в данном районе не так много, поскольку интенсивное развитие орошения здесь началось лишь после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. Намечается выполнить большой объем работ по совершенствованию систем коммунального и промышленного водоснабжения. В нулевом варианте предусматривается также полное прекращение после 1985 г. роста оросительных систем, хотя увеличение безвозвратного потребления воды промышленностью, населением и товарным рыбоводством будет продолжаться — оно возрастет по сравнению с современным на 5 км^3/год. Как показывают расчеты, основанные на методике С. Н. Крицкого и М. Ф. Менкеля [70], уровень Каспийского моря при этом во второй половине 80-х годов и в 90-е годы будет несколько выше, чем в проектном варианте, а после этого будет немного ниже. Возникающая при этом небольшая разница в рыбопродуктивности учитывается компенсационными затратами. Примерно так же обстоит дело с энергетикой каскада ГЭС и с водным транспортом. Более сложно решается в этом варианте вопрос с компенсацией потерь сельскохозяйственной продукции из-за прекращения развития орошения.

На первый взгляд, могло бы показаться, что недостающая продукция может быть получена на неорошаемых землях. Однако для специалиста, знакомого с экономикой сельского хозяйства, совершенно очевидно, что такая постановка задачи неправомерна. Дело в том, что мелиорация по своей капиталоемкости является замыкающим мероприятием в отрасли [41], которая вводится в действие в строго определенной пропорции, при условии, что все другие возможности интенсификации сельского хозяйства — механизация, химизация, селекция, агротехника — будут доведены до необходимого уровня, ограничиваемого только их экономической эффективностью. В связи с тем, что такое максимальное развитие неорошаемого земледелия предусмотрено и при переброске стока, возмещение недостающей продукции возможно только за счет мелиорации дополнительных площадей в других районах. Это должны быть площади, не планируемые для мелиорации в период, на который рассчитана первая очередь переброски, т. е. примерно до конца текущего века.

Если подходить с этой точки зрения, то следует учесть, что до конца текущего столетия почти все земли, нуждающиеся в осушении, на Европейской территории СССР будут уже осушены; свободный фонд пригодных для осушения земель останется только в Западной Сибири (в основном Барабинская низменность). Что касается орошения, то вне рассматриваемого региона оно может развиваться главным образом на Украине и в Молдавии, в Средней Азии и Казахстане, в Западной Сибири (Кулундинская степь и другие массивы). В первых двух районах прирост орошаемых площадей после 1990—1995 гг. возможен только за счет переброски стока, причем удельные затраты на 1 км^3 перебрасываемой воды на Украине в 1,5—2 раза, а в Средней Азии в 3—4 раза

выше, чем при переброске вод северных рек в Волгу. Западная Сибирь — единственный из новых крупных потенциальных районов развития орошения в нашей стране, где не требуется межрегиональная переброска вод. Но здесь другие сложности: почти полная неосвоенность территории и недостаточное количество тепла. При сравнении затрат на мелиоративные мероприятия в альтернативных вариантах установлено, что наилучшие показатели из возможных заменяемых решений имеет осушение в Западной Сибири.

В результате сравнения проектного варианта (с переброской стока) с заменяемым «нулевым» вариантом (без переброски) выявилось, что в проектном варианте расчетные приведенные затраты на 10 % ниже. С учетом размеров капиталовложений это весьма существенно. Однако даже если бы затраты были равные, проектный вариант предпочтительнее по социальным мотивам: в нем сохраняется возможность развития орошаемого земледелия в наиболее плотно населенных и плодородных районах страны (юг Европейской части РСФСР и Закавказье).

Оценка абсолютной эффективности, в соответствии с отраслевой методикой [62], заключается в определении срока окупаемости суммарных капиталовложений чистым доходом и в сравнении его с нормативной величиной. Ввиду того, что на орошаемое земледелие и сельскохозяйственное водоснабжение приходится две трети прироста безвозвратного водопотребления, эффективность отрасли «сельское хозяйство» является определяющей. Расчетами установлено, что доля переброски стока северных вод составляет лишь 10 % стоимости оросительных систем, а в бассейне Азовского моря, где к ней добавляется вторая переброска (из р. Волги в р. Дон) — 20 %.

Таким образом, задача практически сводится к определению эффективности орошения земель в регионе. При оценке прироста продукции при орошении было принято более эффективное, чем в современных условиях, использование поливных площадей. Ввиду того, что прибавка зерновых колосовых от орошения в рассматриваемом регионе не превышает 50 % [18], можно свести их посевы на поливных землях к минимуму, диктуемому технологией севооборотов. Основная же доля орошаемого клина отводится под кормовые культуры (многолетние и однолетние травы на зеленый корм и сено, кукурузу на силос, которые на поливе дают прибавку урожая до 3—4 раз), а также под овощи, бахчевые, сады. На Северном Кавказе, где капиталовложения в орошение земель выше из-за двойной переброски, отдача также выше, потому что здесь можно выращивать теплолюбивые высокоэффективные культуры: кукурузу на зерно, сою, южные овощи и фрукты. В результате расчетов срок окупаемости затрат в орошаемом земледелии получен равным 12—13 годам при норме 14 лет [118].

Следует отметить несовершенство действующей методики расчета абсолютной эффективности, так как в ней не учитывается фактор времени; в результате уравниваются между собой объекты, строящиеся и 3, и 10 лет, а также объекты, на которых чистый

доход в полном объеме получают сразу после окончания строительства или спустя 10—15 лет. Чтобы избежать этого, необходимо дополнить «Типовую методику» оценками с учетом «процента на капиталовложения»; теоретические основы такого расчета приведены в [51, 58].

Приведенные выше результаты оценки сравнительной и абсолютной эффективности получены в предположении, что уровень Каспийского моря соответствует условиям средней водности предстоящего периода. Однако с вероятностью 1/4 предстоящий период может быть маловодным или многоводным (с обеспеченностью притока в море соответственно более 75 % и менее 25 %). Естественно возникает опасение: не является ли принятие решения о переброскаx стока неоправданным риском, т. е. мероприятием, эффективным только в средних по водности условиях, а при маловодье — неэффективным и в случае многоводья — ненужным? Такое опасение вполне закономерно и к нему следует отнестись с достаточной серьезностью. Снять этот вопрос можно лишь путем вероятностных экономических расчетов. Такие расчеты выполнены автором и показали, что оснований для опасений нет. Расчеты проводились для обеспеченности притока в море $P=75$ и 25 %, однако принципиальные выводы сохранят свою силу и в более близких к экстремальным условиям, например при обеспеченности 90 и 10 %.

Если ориентироваться на наступление длительного маловодья, то в случае с переброской стока ситуация (особенно в период после 1990 г.) будет примерно такой же, как если бы современный водный баланс Каспийского моря сохранился неизменным. Иными словами, возможное снижение уровня моря в случае маловодья не будет превышать тех значений, которые определяются современными изъятиями из водного баланса, когда море находится в равновесии около среднего уровня —28,5 м БС; сохранение этого уровня является абсолютно необходимым для рыбного хозяйства. Из данных табл. 17 видно, что при одном и том же водопотреблении в случае маловодья и переброски средний годовой уровень Каспийского моря к 2010 г. снизится на 0,9 м ниже требуемого (—28,5 м БС), а к 2030 г. восстановится. Без переброски снижение будет на 1,4 м к 2010 г. и на 2,3 м к 2030 г.

Существенна ли эта разница? Представляется, что весьма существенна. По расчетам специалистов рыбного хозяйства [125], потенциальная рыбопродуктивность Каспийского моря по осетровым при понижении уровня на 1 м (по сравнению с —28,5 м БС) снижается в 2,5 раза; на 2 м — в 6 раз; по остальным ценным видам рыб пресноводного комплекса — соответственно в 3,4 и в 6 раз. Таким образом, при наступлении маловодья разница в рыбопродуктивности Каспийского моря в условиях с переброской и без переброски на уровне 2010 г. получается практически той же, что и в средних условиях, при которых эффективность переброски доказана.

Для случая возможного длительного многоводья опасность предвидится в одном: не будет ли переброска излишней. Анализ данных табл. 17 дает основание заключить, что в случае многоводья первая очередь переброски части стока северных рек в р. Волгу в намечаемые сроки не вызовет сколько-нибудь заметного подъема уровня Каспийского моря выше требуемого среднего уровня —28,5 м БС. Это объясняется тем, что для средних условий переброска уже несколько запоздала. Наступление многоводья позволит на 5—10 лет дольше продолжать развивать в рассматриваемом регионе в необходимых масштабах орошаемое земледелие и другие водоемкие отрасли народного хозяйства, задержав на этот срок ввод в действие последующих очередей переброски. Указанные обстоятельства позволяют сделать вывод, что первая очередь переброски части стока северных рек является эффективным мероприятием с социально-экономической точки зрения. Специфика же системы такова, что ее создание в ближайшем будущем является безусловной необходимостью независимо от возможного колебания гидрометеорологических условий в предстоящий период.

При рассмотрении эффективности второй очереди переброски были использованы уже описанные выше методические приемы. Поскольку затраты на переброску вод, как уже отмечалось, по первой очереди составляют лишь 10 % стоимости оросительных систем, то при увеличении их примерно в полтора раза для второй очереди эта доля возрастет всего лишь до 15 %, а срок окупаемости капиталовложений увеличится с 12—13 до 14 лет. Аналогичным образом при сравнении варианта продолжения развития орошения после 2000 г. в бассейнах Каспийского и Азовского морей в условиях северного питания с вариантом получения такого же прироста продукции в других районах преимущество остается за проектным вариантом. Однако для перспективы за 2000 г., когда можно ожидать более широкого внедрения новых экономных методов полива, появляется еще одна альтернатива: стабилизировать водозабор на орошение на уровне 2000 г. за счет более интенсивного перехода на такие методы. При современных затратах на новую технику полива показатели по этому альтернативному варианту значительно превышают затраты проектного варианта, не говоря уже о том, что надежных решений по развертыванию такой техники на больших площадях наука пока не дала.

8. НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЧНОГО СТОКА

Научные исследования по проблеме территориального перераспределения речного стока ведутся в Советском Союзе начиная с 60-х годов [96], более широко они развернулись в начале 70-х

годов [33], а в X и XI пятилетках выполняются систематически и целенаправленно в рамках самостоятельной проблемы Госкомитета по науке и технике [81]. Как уже отмечалось в п. 6.3, теоретические основы, методические принципы и основные направления этих исследований сформулированы Г. В. Воропаевым, И. П. Герасимовым, И. А. Шикломановым, М. И. Львовичем, Г. Н. Голубевым, С. Л. Вендровым и другими [34, 39, 50, 123, 133]. Изложение основных принципов построения программы исследований могло бы стать предметом специального рассмотрения, поэтому в настоящей работе целесообразно более подробно осветить лишь некоторые вопросы, вытекающие из задач, с которыми пришлось столкнуться автору.

Выполненные ранее и проводимые в настоящее время исследования по проблеме территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР можно, по мнению автора, сгруппировать в следующие пять основных направлений:

1. Исследования по теоретическому обоснованию долгосрочного прогноза социально-экономического развития страны в целом и рассматриваемого региона в частности.

2. Исследования в области совершенствования технологии водораспределения, водопотребления и водоотведения различными отраслями народного хозяйства и разработка на этой основе прогноза водопотребления и водоотведения на перспективу достаточной глубины. В это же направление входит оценка потребности в воде для сохранения экологических систем Азовского и Каспийского морей в условиях колебания степени увлажненности их бассейнов и возможных непреднамеренных антропогенных сдвигов в атмосферных процессах.

3. Назначение и инженерная проработка возможных вариантов систем межрегиональной и межбассейновой переброски стока в рамках Единой водохозяйственной системы страны.

4. Разработка методики и выполнение самого научного прогноза влияния намечаемых систем территориального перераспределения речного стока и отдельных сооружений на окружающую природную среду в глобальном, региональном и локальном масштабах. Сюда входят исследования по оценке влияния на физико-географические процессы, протекающие в гидросфере, литосфере, атмосфере и биосфере.

5. Прогноз влияния территориального перераспределения речного стока на хозяйственные объекты и состояние здоровья населения, а также на социально-экономические процессы в зонах отъема, транспортирования и использования стока.

По первому направлению необходимо усилить внимание к разработке прогнозов социально-экономического развития на дальнюю перспективу — порядка 30—50 лет. Поскольку самым крупным водопотребителем является орошаемое земледелие, то особенно важно прогнозирование его конечных масштабов и темпов развития при оптимальном его сочетании с неорошаемым растениеводством.

По второму направлению необходимо многократное усиление внимания к внедрению оборотного водоснабжения и замкнутых циклов в промышленности, применению технологии производства, включающей регенерацию воды, имея в виду постепенное приближение к реализации идеи «нулевого сброса»; использование сточных вод городов и животноводческих комплексов (в том числе свинокомплексов) на земледельческих полях орошения; повторное использование дренажных и сбросных вод на оросительных системах. В мелиорации нужно решить вопрос ускорения реконструкции устаревших оросительных систем; начать целенаправленные исследования более экономной (по расходованию воды и энергии) техники полива XXI в., одним из вариантов которой автор считает стационарное мелкодисперсное дождевание. Необходимо также решить вопросы внедрения дождевания в аридной зоне, технологии орошения черноземов. В области рационализации распределения водных ресурсов и управления ими можно рекомендовать следующие темы исследований: разработку основных принципов, структурной схемы и этапности формирования Единой водохозяйственной системы страны; разработку системы имитационных моделей функционирования водохозяйственных систем всех основных речных бассейнов страны; применение автоматизированного управления водораспределением; совершенствование методов прогноза погоды и водности рек; внедрение хозрасчета в водном хозяйстве посредством установления платы за забор воды и особенно за сброс загрязнений; совершенствование конструкций водомерных устройств; разработку и совершенствование альтернативных методов водообеспечения — опреснения, стимулирования осадков и др.

Исследования третьего направления обеспечивают выполнение проектных работ, ведущихся в настоящее время на базе максимального использования и внедрения достижений науки. К ним относятся: уточнение методов оценки гидродинамического режима (гидравлических расчетов) каналов пропускной способностью более 100 м^3/с; исследования особенностей русловых процессов в таких каналах и мер по предотвращению нежелательного их развития; разработка конструкций дамб, возводимых на морской акватории; исследования в области конструкции насосных агрегатов нового поколения, параметры которых (по расходам) на порядок превосходят существующие; внедрение капсульных насосов.

По четвертому направлению основные задачи исследований были изложены в п. 6.3. В предстоящий период они должны продолжаться и углубляться. Перечислим вопросы, на которые должно быть обращено внимание: назначение остаточного стока в реках (иными словами, оценка допустимых изъятий); гидродинамические и ледовые процессы в Баренцевом море в условиях отъема воды (с доведением прогнозов хотя бы до той детальности, с которой на сегодня они сделаны для Карского моря); экологические последствия строительства Соловецкой дамбы в Онежской губе и замены соленой воды пресной; биологические и другие методы борьбы

с евтрофированием создаваемых в системе переброски водохранилищ.

Исследования пятого направления разделяются на три группы. К первой относится оценка влияния намечаемого перераспределения стока на отрасли народного хозяйства в результате изменений, вносимых в природные условия. К отраслям в зоне отъема и транспортирования стока, испытывающим наибольшее влияние, относятся рыбное хозяйство, судоходство, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство (водоснабжение и водоотведение), лесное хозяйство. При этом влияние может быть как положительное, так и отрицательное (табл. 18). Во вторую группу входит комплекс медико-биологических исследований по оценке влияния намеченных сооружений на санитарное состояние водоемов, изменение эпидемиологической и паразитологической обстановки. Наконец, третью группу формируют социальные исследования, среди которых особо выделяются вопросы прогнозирования миграции населения в проектных условиях и отработки рекомендаций по трансформации ожидаемых миграций в желательном направлении.

В заключение отметим, что в процессе разработки проблемы территориального перераспределения речного стока сформировалась своеобразная структура проведения проектных и исследовательских работ, обеспечившая максимальное внедрение научных исследований в практику. Традиционно сложилось, что проектные организации намечали возможные варианты технических решений проблемы и передавали первые результаты проработок исследователям (это не исключало, конечно, что некоторые варианты выдвигались научными силами и передавались проектировщикам для инженерной разработки, как было, например, с вариантом переброски из Печоры по Анти-Пижме). Полученные в результате исследований оценки влияния намеченных вариантов на окружающую среду, выраженные в физических показателях, оценивались проектировщиками в экономических категориях и включались в проект. Законченные проекты подвергались экспертизе; по замечаниям экспертов на каждой стадии вносились уточнения. Такой подход в современных условиях представляется наиболее эффективным.

В 1976 г., перед началом исследований по переброске речного стока в рамках отдельной проблемы ГКНТ, исследователями выдвигалась задача создания теории влияния намечаемого мероприятия на природу [76]. Сейчас, после завершения работ X пятилетки, можно считать, что первые шаги по созданию такой теории уже сделаны. Результаты исследований ученых, участвовавших в изучении проблемы, обсуждались на научных совещаниях и конференциях, содержатся в многочисленных научно-технических отчетах, журнальных статьях и монографиях. В итоге многолетней работы практически решена задача формирования основ теории о влиянии территориального перераспределения стока на окружающую среду. Как и всякая теория, она нуждается в постоянном развитии, что и будет обеспечиваться дальнейшими исследованиями проблемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об охране окружающей среды. Сборник документов партии и правительства, 1917—1981 гг. Изд. 2-е, доп.— М.: Политиздат, 1981.— 384 с.

2. Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы.— В кн.: Материалы XXV съезда КПСС.— М.: Политиздат, 1976, с. 159—238.

3. Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года.— В кн.: Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981, с. 131—205.

4. Продовольственная программа СССР на период до 1990 года и меры по ее реализации. Материалы майского Пленума ЦК КПСС.— М.: Политиздат, 1982.

5. Авакян А. Б., Шарапов В. А., Салтанкин В. П. и др. Водохранилища мира.— М.: Наука, 1979.— 279 с.

6. Агарков С. Г., Дружинин И. П., Коноваленко З. П. и др. Оптимизация размещения водопотребляющих производств (на примере сельского хозяйства страны).— Водные ресурсы, 1977, № 3, с. 5—17.

7. Антропогенное евтрофирование Ладожского озера.— Л.: Наука, 1982.— 304 с.

8. Алпатьев С. М. Режим орошения сельскохозяйственных культур для юга Европейской территории Союза.— Киев: Урожай, 1966.

9. Аполлов Б. А. Каспийская проблема и пути ее разрешения.— В кн.: Проблемы Каспийского моря. Труды океанографической комиссии АН СССР, т. 5, М., 1959, с. 5—22.

10. Аполлов Б. А., Федорова Е. И. Исследования колебания уровня Каспийского моря.— Труды института океанологии АН СССР, 1956, т. 15, с. 72—228.

11. Берг Л. С. Климат и жизнь.— М.: Географгиз, 1947.— 356 с.

12. Березнер А. С. Выбор расчетной обеспеченности оросительных систем.— Гидротехника и мелиорация, 1978, № 2, с. 30—34.

13. Березнер А. С. Предварительные соображения о создании объединенной водохозяйственной системы Европейской части СССР.— Сборник научных трудов В/О Союзводпроект, 1978, № 49, с. 14—31.

14. Березнер А. С. Перспективы развития водопотребления в бассейне Каспийского моря.— Водные ресурсы, 1979, № 1, с. 7—14.

15. Березнер А. С. Проблемы прогнозирования водопотребления в южной зоне Европейской территории СССР за пределами 2000 года.— В кн. Проблемы развития водного хозяйства СССР. М.: Наука, 1981, с. 77—87.

16. Березнер А. С. Гидротехническая система межбассейновой переброски стока «Снежные горы» (Австралия).— Гидротехническое строительство, 1982, № 2, с. 53—56.

17. Березнер А. С. О совершенствовании разработки схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.— Водные ресурсы, 1982, № 4, с. 91—98.

18. Березнер А. С. Прогноз развития водопотребления орошаемого земледелия СССР в отдаленной перспективе.— Известия АН СССР, сер. геогр., 1982, № 1, с. 44—52.

19. Березнер А. С. Особенности оценки социально-экономической эффективности территориального перераспределения водных ресурсов Европейской части РСФСР.— Гидротехника и мелиорация, 1983, № 3, с. 21—26.

20. Березнер А. С. Современный подход к планированию использования и охраны водных ресурсов.— В кн.: Марксизм-ленинизм и глобальные проблемы современности, вып. 2. М., 1983, с. 307—310.

21. Березнер А. С., Гангардт Г. Г., Львович М. И., Саруханов Г. Л. Территориальное перераспределение речного стока Европейской части СССР.— Известия АН СССР, сер. геогр., 1981, № 2, с. 26—39.

22. Березнер А. С., Гришенко Н. С., Саруханов Г. Л. О первоочередных мероприятиях по переброске части стока северных рек в бассейн Волги.— Гидротехническое строительство, 1982, № 8, с. 17—20.
23. Березнер А. С., Моисеев Н. Н., Ерешко Ф. И., Лотов А. В. Системный подход к исследованию проблемы межбассейновой переброски стока (на примере переброски части стока северных рек СССР в Волгу).— Водные ресурсы, 1981, № 1, с. 5—22.
24. Березнер А. С., Осокин П. К., Прудников А. П. Перекрытие залива Кара-Богаз-Гол.— Сборник научных трудов В/О Союзводпроект, 1981, № 55, с. 47—53.
25. Биологическая продуктивность Каспийского моря.— М.: Наука, 1974.— 245 с.
26. Борисенков Е. П. Климат и его изменения.— М.: Знание, сер. физ., 1976, № 6.— 64 с.
27. Будыко М. И. Глобальная экология.— М.: Мысль, 1977.— 327 с.
28. Вайнштейн И. С. Экономико-математическая модель развития и размещения мелиорации в речном бассейне (на примере р. Волги).— Сборник научных трудов В/О Союзводпроект, 1981, № 56, с. 10—16.
29. Вархотов Т. Л., Березнер А. С., Комовкин Н. Г., Осокин П. К. Технические решения по переброске части стока Волги в Дон.— Сборник научных трудов В/О Союзводпроект, 1978, № 49, с. 32—39.
30. Вархотов Т. Л., Березнер А. С., Саруханов Г. Л. Переброска части стока северных рек в бассейн Волги.— Гидротехника и мелиорация, 1981, № 9, с. 17—21.
31. Вархотов Т. Л., Израелян Г. А. Создание пресноводного водохранилища в Онежской губе.— Гидротехника и мелиорация, 1981, № 12, 17—21.
32. Великанов А. Л. Проблемы территориального перераспределения водных ресурсов.— Гидротехника и мелиорация, 1981, № 8, с. 18—20.
33. Вендров С. Л. Всесоюзное рабочее совещание по научному прогнозу влияния межбассейнового перераспределения речного стока на природные условия Европейской территории и Срединного региона СССР.— Водные ресурсы, 1976, № 3, с. 166—168.
34. Вендров С. Л. Проблемы преобразования речных систем СССР.— Л.: Гидрометеоиздат, 1979.— 207 с.
35. Водогрецкий В. Е. Влияние неорошаемого земледелия и полезащитного лесоразведения на сток в Каспийское и Азовское моря.— Водные ресурсы, 1979, № 1, с. 15—22.
36. Воеводский Ф. С. Валдайская проблема и ее связь с реконструкцией Волги.— В кн. Проблемы Волго-Каспия, 1934, т. 1, Л., 1934, с. 228—237.
37. Ворович И. И., Горелов А. С., Горстко А. Б. и др. Рациональное использование водных ресурсов бассейна Азовского моря. Математические модели.— М.: Наука, 1981.— 360 с.
38. Воропаев Г. В. Единая водохозяйственная система страны.— Водные ресурсы, 1976, № 6, с. 99—109.
39. Воропаев Г. В. Задачи и организация научных исследований в связи с проблемой перераспределения водных ресурсов.— Водные ресурсы, 1976, № 3, с. 3—12.
40. Воропаев Г. В. Проблема водообеспечения страны и территориальное перераспределение водных ресурсов.— Водные ресурсы, 1982, № 6, с. 3—28.
41. Воропаев Г. В., Гофман К. Г., Кошовец Б. И., Райнин В. Е. Основные принципы экономического сопоставления планово-проектных вариантов в мелиорации и водном хозяйстве и формирование критерия выбора.— Водные ресурсы, 1980, № 2, с. 92—100.
42. Воскресенский К. П., Соколов А. А., Шикломанов И. А. Ресурсы поверхностных вод СССР и их изменение под влиянием хозяйственной деятельности.— Водные ресурсы, 1973, № 2, с. 33—58.
43. Гатилло П. Д., Прокудин Ф. Д. Вопросы оценки свободных эксплуатационных ресурсов воды для переброски в другие бассейны.— В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Комплексное использование водных ресурсов», ч. 1. Минск, 1975, с. 68—71.
44. Георгиевский В. Ю. Водный баланс и уровни Каспийского моря

и их изменения под влиянием климатических факторов и хозяйственной деятельности.— Автореф. диссертации на соиск. учен. степени канд. геогр. наук. Л., 1980.— 16 с.

45. Герарди И. А. О повышении водообеспеченности р. Волги и переброске части стока северных рек на юг.— Гидротехника и мелиорация, 1973, № 11, с. 112—117.

46. Герарди И. А. Проблема переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию и Казахстан.— Сборник научных трудов В/О Союзводпроект, 1978, № 49, с. 40—57.

47. Герарди И. А., Зарубаев Н. В., Турсунов А. А. Опыт проектирования и строительства крупных каналов.— Труды ЛПИ, 1976, № 351, с. 8—14.

48. Герасимов И. П. География в Советском Союзе (введение).— В кн.: Советская география, итоги и задачи. М., 1960, с. 5.

49. Герасимов И. П. Советская конструктивная география. Задачи, подходы, результаты.— М.: Наука, 1976.— 207 с.

50. Герасимов И. П., Кибальчич О. А., Коронкевич Н. И., Львович М. И. Географические прогнозы в проблеме межзональной переброски речного стока в СССР.— Изв. АН СССР, сер. геогр., 1981, № 2, с. 13—25.

51. Губин Ф. Ф., Куперман В. Л. Экономика водного хозяйства и гидротехнического строительства.— М.: Стройиздат, 1965.— 303 с.

52. Дзядевич И. А. К вопросу о канале Черное море—Каспий (экологические аспекты проблемы).— Водные ресурсы, 1979, № 1, с. 51—65.

53. Дмитриев Г. В. Схема переброски части стока северных рек в бассейн рек Камы и Волги.— В кн.: Проблемы Каспийского моря.— Тр. океанографической комиссии АН СССР, т. 5. М., 1959, с. 37—49.

54. Добровольская З. Н., Корявов П. П., Симонов А. И. Расчет течений в Онежском озере с учетом антропогенного воздействия.— Водные ресурсы, 1981, № 3, с. 100—104.

55. Донченко Р. В. Изменение ледового и термического режима рек-доноров под влиянием переброски части стока.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л.: Гидрометеоиздат, 1980, с. 152—170.

56. Дроздов О. А., Сорочан О. Г., Григорьева А. С. Оценка возможных изменений климатических условий под влиянием переброски части стока северных и сибирских рек и непреднамеренных глобальных антропогенных воздействий.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980, с. 323—354.

57. Дунин-Барковский Л. В., Моисеев Н. Н. Система моделей перераспределения речного стока СССР.— Водные ресурсы, 1976, № 3, с. 13—20.

58. Духовный В. А. Эффективность орошения и экономическая оценка проектов (по материалам X конгресса МКИД).— Гидротехника и мелиорация, 1980, № 1, с. 82—86, № 5, с. 81—83, № 6, с. 78—80.

59. Замахаев В. С., Селиванов Р. И. Пути решения проблемы Каспийского моря.— В кн.: Тезисы докладов и сообщений на второй научно-технической конференции Гидропроекта. М., 1972, с. 158—160.

60. Зарубаев Н. В. Комплексное использование и охрана водных ресурсов.— Л.: Стройиздат, 1976.— 224 с.

61. Иванов В. В., Никифоров Е. Г. Проблемы оценки возможных последствий переброски части стока для устьевых областей рек и морей арктической зоны.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л. 1980, с. 202—240.

62. Инструкция по определению экономической эффективности капиталовложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ (методика).— М.: ВНИИГиМ, 1972.— 35 с.

63. Книпович Н. М. Влияние проектируемых гидротехнических сооружений на рыбное дело Каспийского и Азовского морей.— В кн.: Проблемы Волго-Каспия, т. 2. Л., 1934, с. 200—210.

64. Ковда В. А. Проблемы мелиорации степей Русской равнины.— В кн.: Проблемы развития водного хозяйства СССР.— М.: Наука, 1981, с. 87—95.

65. Колебания увлажненности Арало-Каспийского региона в голоцене.— М.: ИВП АН СССР, 1977.— 41 с.

66. Котляков В. М. Использование ледников как источников пресной воды.— В кн.: Проблемы развития водного хозяйства СССР. М.: Наука, 1981, с. 27—42.

67. Кочина Т. А., Раткович Д. Я. Об управлении соленостью Азовского моря регулированием водообмена в Керченском проливе.— Водные ресурсы, 1983, № 3, с. 43—59.

68. Кржижановский Г. М. Проблема социалистической реконструкции и освоения Волго-Каспийского бассейна.— В кн.: Проблемы Волго-Каспия, т. 1. Л., 1934, с. 1—17.

69. Крицкий С. Н., Коренистов Д. В., Раткович Д. Я. Колебания уровня Каспийского моря.— М.: Наука, 1976.— 159 с.

70. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Некоторые положения статистических теорий колебаний уровней естественных водоемов и их применение к исследованию режима Каспийского моря.— Труды первого совещания по речному стоку. М.: Изд. АН СССР, 1946, с. 76—97.

71. Левин А. П. Водный фактор в размещении промышленного производства.— М.: Стройиздат, 1973.— 167 с.

72. Лисяк Е. М., Федоров Б. Г. Научные основы методики технико-экономического обоснования требований рыбного хозяйства к режиму речного стока.— В кн.: Мат-лы Всесоюз. науч. конференции по проблеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Волги, вып. 1. Пермь, Пермский ГУ, 1975, с. 63—66.

73. Львович А. И. Защита вод от загрязнения.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 168 с.

74. Львович М. И. Человек и воды.— М.: Мысль, 1963.— 568 с.

75. Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее.— М.: Мысль, 1974.— 448 с.

76. Львович М. И. Географические аспекты территориального перераспределения водных ресурсов.— Изв. АН СССР, сер. геогр. 1977, № 2, с. 22—37.

77. Майрановский Ф. Г. Оценочный прогноз изменений солености воды в Онежском заливе при отделении его от акватории Белого моря.— В кн.: Природа Арктики в условиях межзонального перераспределения водных ресурсов.— Л.: ААНИИ, 1980, с. 28—31.

78. Малинина Т. И., Распопов И. М. Озера Лача, Воже, Кубенское как потенциальные ресурсы пополнения р. Волги.— В кн.: Материалы Всесоюзной научной конференции по проблеме комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Волги, вып. 1. Пермь, 1975, с. 28—32.

79. Марти Ю. Ю., Раткович Д. Я. Водохозяйственные проблемы Азовского и Каспийского морей.— Водные ресурсы, 1976, № 3, с. 21—34.

80. Маслов Б. С., Шерлинг З. А. Изменение водности рек в Центральном районе Нечерноземной зоны под влиянием осушения болот.— В кн.: Науч. труды «Охрана окружающей среды и мелиорация переувлажненных земель». М., 1977, с. 55—66.

81. Межзональное перераспределение водных ресурсов. Под редакцией А. А. Соколова и И. А. Шикломанова.— Л.: Гидрометеоиздат, 1980.— 375 с.

82. Мезенцев В. С. Мировой водный и теплоэнергетический баланс и тепловлагооборот на Земле.— Водные ресурсы, 1982, № 3, с. 29—38.

83. Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений при проектировании гидроэнергетических объектов.— М.: Гидропроект, 1980.— 62 с.

84. Методическое руководство по составлению водохозяйственных балансов и ведению водного кадастра.— М.: СЭВ, 1981.— 118 с.

85. Мусатов А. П., Катунин Д. Н. Волжский вододелитель, проблемы его эффективности.— Водные ресурсы, 1977, № 1, с. 36—44.

86. Мусатов А. П., Красножон Г. Ф., Федосеев Е. А. Экологические основы оптимального водного режима в дельте Волги и Северном Каспии.— Водные ресурсы, 1981, № 4, с. 21—37.

87. Народное хозяйство РСФСР в 1975 году. Статистический ежегодник.— М.: Статистика, 1976.— 519 с.

88. Народное хозяйство СССР в 1980 году. Статистический ежегодник.— М., Финансы и статистика, 1981.— 583 с.

89. Население СССР. По данным Всесоюзной переписи населения 1979 г.— М.: Политиздат, 1980.— 32 с.

90. Нежиховский Р. А. Изменения гидрологического режима Ладожского озера, реки Невы и Невской губы в связи с намечаемой переброской части речного стока.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980, с. 133—151.

91. Нежиховский Р. А., Ардашева Г. В., Поликарпов Г. И. Гидрологические исследования трасс перебросок стока северных рек.— Труды ГГИ, 1983, вып. 293, с. 3—23.

92. Нежиховский Р. А., Поликарпов Г. И. Река Шексна как тракт переброски речного стока.— Водные ресурсы, 1984, № 6, с. 14—27.

93. Немирова М. Н. О режиме работы волжско-камского каскада ГЭС при удовлетворении комплекса потребителей до и после переброски части стока северных рек в бассейн р. Волги.— В кн.: Материалы Всесоюзной научной конференции по проблеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Волги, вып. 1. Пермь, 1975, с. 32—36.

94. Николаева Р. В. Краткий обзор схем и предложений по стабилизации и регулированию уровня Каспийского моря.— В кн.: Проблемы Каспийского моря. Труды океанографической комиссии АН СССР, т. 5. М., 1959, с. 50—62.

95. Никольский В. Д. Проблема регулирования Волги и ее питания стоком северных рек как основной фактор создания «Большой Волги».— В кн. Проблемы Волго-Каспия, т. 1. Л.; 1934, с. 216—228.

96. О влиянии переброски стока северных рек в бассейн Каспия на народное хозяйство Коми АССР.— Л.: Наука, 1967.— 207 с.

97. Пономаренко В. Д. Канал Дунай—Днепр.— Гидротехника и мелиорация, 1980, № 11, с. 10—13.

98. Привальский В. Е. Параметрическая модель и оптимальный прогноз средней солености Азовского моря.— Водные ресурсы, 1980, № 4, с. 40—54.

99. Проблемы Волго-Каспия. Труды ноябрьской (1933 г.) сессии АН СССР.— Л.: Изд. АН СССР, 1934, т. 1.— 628 с.; т. 2.— 720 с.

100. Пьянков В. П. Мамонты и загадки климата.— Природа, 1965, № 10, с. 86—94.

101. Радугин Н. П. Повышать эффективность мелиоративных мероприятий в РСФСР.— Гидротехника и мелиорация, 1981, № 10, с. 2—6.

102. Радько А. Ф., Бердышев В. Д. Мелкодисперсное дождевание.— Гидротехника и мелиорация, 1976, № 10, с. 124—125.

103. Раткович Д. Я. Проблема Каспийского моря.— Водные ресурсы, 1980, № 5, с. 5—20.

104. Раткович Д. Я., Жданова И. С., Привальский В. Е. К проблеме уровенного режима Каспийского моря.— Водные ресурсы, 1973, № 3, с. 45—69.

105. Раткович Д. Я., Привальский В. Е., Матушанский В. В., Ремизова С. С., Марти Ю. Ю. Проблема Азовского моря.— Водные ресурсы, 1980, № 4, с. 19—39.

106. Ресурсы поверхностных вод СССР.— Л.: Гидрометеоиздат, т. 7, Донской район; т. 8, Северный Кавказ; т. 9, Закавказье и Дагестан, вып. 3. Дагестан; вып. 4, Восточное Закавказье, 1971.— 227 с; т. 10, Верхне-Волжский район, кн. 1, 1973.— 476 с.; кн. 2, 1973.— 499 с.; т. 11, Средний Урал и Приуралье, 1972.— 389 с.; т. 12, Нижнее Поволжье и Западный Казахстан, вып. 1. Бассейн р. Волги ниже г. Чебоксары, 1971.— 410 с.; вып. 2, Урало-Эмбинский район, 1970.— 512 с.

107. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики.— Л., Гидрометеоиздат, т. 7, 1975.— 217 с.; т. 8, 1966; т. 9, вып. 3, 4; т. 10, 1976.— 535 с., т. 11; т. 12, вып. 1, 1966.— 360 с.; вып. 2, 1970.— 511 с.

108. Ризенкампф Г. К. Техническая схема реконструкции Волги.— В кн.: Проблемы Волго-Каспия, т. 1. Л., 1934, с. 18—61.

109. Самсонов С. Взгляд в будущее через прошлое (заметки палеогеографа).— Наука и жизнь, 1978, № 9, с. 132—137.
110. Саруханов Г. Л. Гидротехнические сооружения в схеме переброски стока Печоры и Вычегды в Волгу.— Гидротехническое строительство, 1961, № 7, с. 17—20.
111. Скакальская Б. Г., Нежиховский Р. А. Изменение качества поверхностных вод в бассейнах северных рек Европейской территории СССР при переброске части речного стока.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980, с. 186—201.
112. Скоропанов С. Г. Осушительная мелиорация и проблемы окружающей среды.— Гидротехника и мелиорация, 1980, № 12, с. 40—43.
113. СНиП-52-74. Нормы проектирования. Сооружения мелиоративных систем.— М.: Стройиздат, 1975.— 25 с.
114. Соколов А. А. Водные ресурсы СССР, проблема их территориального перераспределения и регулирования.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980, с. 6—15.
115. Соколов А. А. Исследования водных ресурсов и водного баланса земного шара.— В кн.: Некоторые вопросы современной научной и практической гидрологии, ч. 1. М., 1981, с. 35—43.
116. Схема комплексного использования водных, земельных и рыбных ресурсов Нижней Волги, Северного Каспия, рек Урала и Ахтубы.— Экспресс-информация, сер. 6, вып. 1 (ЦБНТИ Минводхоза СССР). М., 1976, с. 37—43.
117. Тимашев И. Е. Канадский опыт изучения последствий межбассейновых перебросок речного стока.— СО АН СССР, География и природные ресурсы, 1983, № 1, с. 181—186.
118. Типовая методика определения экономической эффективности капиталовложений.— Экономическая газета, 1981, № 2, с. 11—14, № 3, с. 11—14.
119. Тихий М. И. Рыбохозяйственное значение водохранилищ при гидротехнических сооружениях на Волге и выбор схемы реконструкции рек.— В кн.: Проблемы Волго-Каспия, т. 2. Л., АН СССР, 1934, с. 211—219.
120. Хахин Н. А., Кусков Л. С. Основные направления развития речного транспорта и его требования к проектируемым водохозяйственным комплексам.— В кн.: Тезисы Всесоюзного совещания «Комплексное использование водных ресурсов», ч. 1. Минск, 1975, с. 43—47.
121. Шашко Д. И. Агроклиматологическое районирование СССР.— М.: Колос, 1967.— 335 с.
122. Шикломанов И. А. Гидрологические аспекты проблемы Каспийского моря.— Л.: Гидрометеоиздат, 1976.— 79 с.
123. Шикломанов И. А. Антропогенное воздействия на водные ресурсы и водный баланс и их оценка на уровне 2000 г.— В кн.: Межзональное перераспределение водных ресурсов. Л., 1980, с. 16—38.
124. Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю. Приток и уровни Каспийского моря и их изменения под влиянием климатических факторов и хозяйственной деятельности.— Водные ресурсы, 1981, № 5, с. 5—19.
125. Яблонская Е. А., Зайцев А. И. Современное состояние и проблемы повышения биологической продуктивности Каспийского моря.— Водные ресурсы, 1979, № 1, с. 41—50.
126. Язвин Л., Коляда М., Беляков В., Курило А. Использование подземных вод в народном хозяйстве СССР.— Информационный бюллетень по водному хозяйству. СЭВ, 1977, № 1, с. 34—38.
127. Aagaard K., Coachman L. K. Diverting Soviet rivers to prevent flooding might defrost the Arctic — but what about the weather? — New Scientist, 1975, v. 67, No. 957, p. 13—17.
128. Belyaev I. Interbasin Transfer of Water Resources.— UNDP/UN Working Paper 56, 1975.— 69 p.
129. Biswas A. K. North American Water Transfers: an overview.— In: International Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 79—90.
130. Fiering M. B. The role of systems analysis in water program development.— National Resources Journal, Oct. 1976, v. 16, No. 4, p. 759—771.
131. Fisher A. S. Some theoretical and measurement issues in economic

assessment of interbasin water transfers.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 137—145.

132. Garduno H., Mestre E., Tapia F. Large-scale transfers within master water planning in Mexico.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 103—112.

133. Golubev G. Environmental issues of large interregional water transfer projects.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 177—185.

134. Golubev G., Biswas A. K. Interregional water transfers.— ICID Bulletin, Jan. 1979, v. 28, No. 1, p. 18—22.

135. Golubev G., Vasiliev O. Interregional water transfers as an interdisciplinary problem.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, p. 67—77.

136. Häfele W., Sassin W. The global energy system.— Behavioural Science, Journ. of the Soc. for General Systems Research, May 1979, v. 24, No. 3, p. 169—189.

137. Howe C. W. Economic issues related to large-scale water transfers in the USA.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 127—136.

138. Howe C. W., Easter K. W. Interbasin transfers of water: economic issues and impacts.— Baltimore MD: John Hopkins Press, 1971.

139. Inadvertent climate modification: report on study of man's impact on climate.— Cambridge M. A.: M. I. T. Press, 1971.

140. Manabe S., Wetherald K. T. The effects of doubling the CO_2 concentration of the climate of a general circulation model.— J. Atm. Sci. 1975, v. 32, No. 2, p. 3—15.

141. Micklin P. P. A preliminary systems analysis of impact of proposed Soviet river diversion on Arctic Sea ice.— EOS Transactions, Amer. Geophys. Union, May 1981, v. 62, No. 19, p. 489—493.

142. Murthy K. S. S. Interregional water transfers: case study on India.— In: Interregional Water Transfers: Projects and Problems. IIASA RR-79-1, Laxenburg, June 1979, p. 117—125.

143. Quin F. Water transfer — Canadian Style.— Alberta symposium on Interbasin Water Transfers, Edmonton, 1980, p. 1—14.

144. Water resources of England and Wales, v. 1, Report.— iv+67 p.+ +5 maps; v. 2, Appendices.— iii+56 p.+19 fig.— Water Resources Board publication, No. 22—23, London: H. M. Stationary Office, 1973.

145. Zuo Dakang, Liu Changming. East China water transfer: its environmental impact.— Water Resources Journal, Sept. 1982 (E/ESCAP/SER. C/134), p. 72—76.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. Развитие представлений о территориальном перераспределении речного стока 6

1.1. Краткий обзор мирового опыта территориального перераспределения речного стока . . . . . —

1.2. Действующие системы территориального перераспределения стока в СССР 11

1.3. Первые предложения о переброске части стока северных рек в бассейн р. Волги 13

1.4. Северные реки и водообеспечение бассейна р. Днепра 18

1.5. Первые предложения о подаче волжской воды в бассейны Урала, Дона и на Северный Кавказ 20

2. Природно-хозяйственные условия территориального перераспределения речного стока Европейской части РСФСР 22

2.1. Климатические условия . . . . . —

2.2. Водные ресурсы 25

2.3. Земельные ресурсы 34

2.4. Социально-экономические условия 38

3. Методические основы технико-экономического обоснования водохозяйственных мероприятий 46

3.1. Современный подход к планированию развития водного хозяйства . . . . . —

3.2. Система математических моделей для технико-экономического обоснования переброски части стока северных рек в бассейн реки Волги 49

3.3. Цели территориального перераспределения речного стока 53

3.4. Пути решения проблемы водообеспечения традиционными методами 56

3.5. Пути решения проблемы водообеспечения нетрадиционными методами 60

4. Перспективы развития отраслей народного хозяйства Европейской части РСФСР и их потребность в воде 62

4.1. Промышленность и коммунальное хозяйство . . . . . —

4.2. Сельское хозяйство 64

4.3. Гидроэнергетика и водный транспорт 71

4.4. Рыбное хозяйство. Проблемы Каспийского и Азовского морей . . 73

5. Объемы и режим переброски части стока северных рек в бассейн реки Волги 85

5.1. Суммарное водопотребление и водохозяйственный баланс бассейнов рек Каспийского и Азовского морей . . . . . —

5.2. Объемы, сроки и режим переброски стока 90

6. Варианты территориального перераспределения речного стока и влияние намечаемых преобразований на окружающую среду 95

6.1. Формирование вариантов переброски части стока северных рек в р. Волгу . . . . . —

6.2. Критерии оценки вариантов технических решений 106

6.3. Влияние систем переброски на окружающую среду 107

6.4. Оценка вариантов и выбор рекомендуемого состава мероприятий 116

6.5. Природоохранные и компенсационные мероприятия по первой очереди переброски части стока северных рек в Волгу 125

6.6. Системы межбассейновой переброски стока в южной зоне Европейской части РСФСР 137

7. Социально-экономическая эффективность территориального перераспределения речного стока 141

8. Направления дальнейших исследований по проблеме территориального перераспределения речного стока 149

Список литературы 153