Б. В. Воробьев
Л. А. Косолапов

Водотоки и водоемы: *взаимосвязь экологии и экономики*

Ленинград · Гидрометеоиздат · 1987

УДК 338 : 627.1 : 502.36

Рецензенты:
д-р экон. наук П. П. Долгов (Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина),
д-р экон. наук М. Я. Лемешев (Комиссия по изучению производительных сил при Президиуме АН СССР), главный инженер Ленгипроводхоза Д. А. Плотников, д-р геогр. наук А. А. Соколов (Государственный гидрологический институт), канд. техн. наук Б. Г. Федоров (Институт водных проблем АН СССР),
канд. техн. наук Т. Н. Юровская (Ленгипроводхоз).

Монография посвящена теоретическим и методическим вопросам экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования. Взаимосвязь экологии и экономики рассматривается с позиции безусловного учета нормативных природоохранных и социальных требований (ограничений) при принятии проектных решений по освоению водных ресурсов. Предложены основные положения методики проведения оценочных работ и технико-экономического обоснования природоохранных и хозяйственных мероприятий.

Книга предназначена для специалистов водного хозяйства, экологов и экономистов, а также широкого круга читателей, интересующихся проблемой рационального использования и охраны природных ресурсов.

35 Г 52

The monograph "Water Courses and Water Bodies: Interrelationship of Ecology and Economy" by B. V. Vorobyev, L. A. Kosolapov deals with theoretical and methodological problems of economic evaluation of water courses and water bodies as objects of nature management. In case design solutions on water resources development are adopted, the interrelationship of ecology and economy is treated with consideration for standard ecological and social requirements (limitations). Proposed are basic principles of the methods for evaluation of water courses and water bodies, and for technical-economic substantiation of ecological, industrial and economic measures.

This monograph is intended for specialists engaged in water management, ecologists and economists, as well as for broad sections of readers interested in rational use and conservation of natural resources.

В $\frac{1903030200\text{-}105}{069(02)\text{-}87}$ 26-87

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

© Гидрометеоиздат, 1987

Введение

К числу основных мер, направленных на решение задач экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 г., отнесены дальнейшее усиление охраны окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Особое внимание обращено на водные ресурсы, играющие важную роль в решении продовольственной и энергетической программ страны.

При современном уровне развития производительных сил социалистического общества проблема оптимального взаимодействия отраслей народного хозяйства, использующих природные ресурсы, приобретает первостепенное значение. Степень изученности и учета взаимодействия природы и общества должна являться одним из важнейших критериев научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства.

Изучение и разработка этой проблемы в нашей стране ведется в широких масштабах специалистами различных областей знаний в институтах АН СССР, в союзных, республиканских и отраслевых институтах, в лабораториях и на кафедрах вузов. Различные вопросы проблемы исследовались О. Ф. Балацким, Ю. С. Васильевым, В. И. Вернадским, Г. В. Воропаевым, К. Г. Гофманом, А. А. Гусевым, Ю. А. Израэлем, М. Я. Лемешевым, М. Н. Лойтером, Г. И. Марчуком, А. А. Минцем, Н. Н. Некрасовым, В. С. Немчиновым, В. В. Новожиловым, Р. Л. Раяцкасом, Н. Ф. Реймерсом, И. К. Смирновым, Е. А. Соловьевой, С. Г. Струмилиным, В. П. Суткайтисом, Е. П. Ушаковым, Н. П. Федоренко, Е. К. Федоровым, Т. С. Хачатуровым, Г. В. Шалабиным, С. С. Шварцем и многими другими учеными.

Особая роль отводится проблеме комплексного использования и охраны водных и земельных фондов. Важность этих составляющих природного базиса общества отмечена в ряде известных руководящих государственных актов и получила правовое закрепление введенными в практику хозяйствования Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик, Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. Вопросы социально-экономической оценки водных и земельных ресурсов, их рационального использования и охраны рассматривались в работах А. Б. Авакяна, Б. Л. Бабурина, М. Л. Бронштейна, Н. В. Буторина, Ю. С. Васильева, С. Л. Вендрова, Г. В. Воропаева,

Г. Г. Гангардта, В. Л. Джиковича, П. П. Долгова, К. Н. Дьяконова, Н. В. Зарубаева, П. Л. Иванова, А. П. Левина, О. С. Лигуна, А. И. Макарова, А. А. Маркина, Ю. М. Матарзина, Г. М. Матлина, И. И. Мечитова, М. А. Михалева, С. Л. Озиранского, В. Р. Окорокова, Л. Я. Ромова, Г. В. Симакова, В. С. Сметанича, И. К. Смирнова, М. И. Сыроежина, В. И. Телешева, В. И. Удовенко, С. М. Успенского, Е. П. Ушакова, И. И. Файна, Б. Г. Федорова, М. П. Федорова, Д. П. Финарова, Н. И. Хрисанова, С. Д. Черемушкина, Л. Н. Шапиро, В. А. Шарапова, В. М. Широкова, Д. С. Щавелева, Б. Л. Эрлихмана, Н. Н. Яковлева и других авторов.

Таким образом, актуальность проблемы учета и оценки взаимодействия общества и природы очевидна и бесспорна. Однако до сих пор не найден единый методологический подход к оценке природного базиса общества (объектов природопользования) и как элемента природной среды (экология), и как природного ресурса (экономика) в их взаимосвязи.

Многие ученые-экономисты, решая проблему оптимизации природопользования, ограничиваются только экономической оценкой конкретных природных ресурсов (воды, земли, леса, полезных ископаемых) и не учитывают связь хозяйственного освоения природных ресурсов с экологией района. Последнее объективно затрудняет претворение в жизнь выдвинутых практикой хозяйственного строительства новых принципиальных вопросов комплексного использования природных ресурсов, в том числе экологических аспектов проблемы, при выполнении планов размещения и развития производительных сил страны в разрезе отдельных природно-экономических районов.

Однако только на основе принципов оптимизации отношений человека с природой можно дать объективную оценку данного природного ресурса в конкретном районе и на определенный уровень развития (отрезок времени). Оценка природного ресурса вне связи с его значением в данном природно-экономическом комплексе недостаточна для принятия объективных решений, например, хозяйственного освоения водотоков и водоемов.

До настоящего времени дискуссионным остается, в частности, вопрос обоснования комплексного использования и охраны водных ресурсов, особенно при проектировании, строительстве и эксплуатации гидроузлов многоцелевого назначения. Наличие ведомственных интересов, ведомственного подхода со стороны различных отраслей народного хозяйства не способствует рациональному использованию водных ресурсов и охране окружающей среды.

В постановлении «О соблюдении требований законодательства об охране природы и рациональном использовании природных ресурсов» (июль, 1985 г.) признано необходимым принятие дополнительных экономических, организационных, правовых и иных мер по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, улучшению окружающей человека среды и безусловному со-

блюдению законодательства в этой области. В частности, намечается: повысить ответственность всех предприятий и хозяйственных органов снизу доверху за соблюдение норм и правил природопользования; усилить воздействие хозяйственного механизма в решении этого вопроса; улучшить планирование и экономическое стимулирование мероприятий по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов; разработать соответствующую долгосрочную государственную программу; принять меры по совершенствованию и повышению эффективности государственного управления и контроля в этой области; полнее использовать достижения научно-технического прогресса в природопользовании; осуществить комплекс мероприятий по коренному улучшению состояния окружающей среды в районах с повышенным уровнем загрязнения водных объектов и атмосферного воздуха; придусмотреть мероприятия по усилению охраны земли и ее недр, водных ресурсов страны и воздушного бассейна, животного и растительного мира; установить порядок проведения обязательной экологической экспертизы новой техники, технологии и материалов, а также проектов на строительство, реконструкцию и техническое перевооружение народнохозяйственных объектов; не допускать ввода в эксплуатацию объектов, не обеспеченных природоохранными устройствами; наконец, расширить научную разработку фундаментальных и прикладных проблем охраны природы и рационального использования природных ресурсов и ускорить разработку современных методов определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и ущерба от загрязнения окружающей среды и нарушения сложившегося равновесия в хозяйстве и природе.

Настоящая работа посвящена теоретическим, методологическим и методическим вопросам экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования. Исследование выполнено с учетом экологических и социальных аспектов проблемы. Взаимосвязь экономики и экологии рассматривается с позиции безусловного учета нормативных природоохранных и социальных требований (ограничений) при принятии решений по хозяйственному использованию водотоков, водоемов и окружающих их территорий. Основные положения работы, ее выводы и рекомендации иллюстрируются на примере освоения водных ресурсов путем регулирования стока рек гидроузлами и создания водохранилищ. Выбор их обусловлен тем, что именно этот вид строительства вносит наибольшие изменения в экономику и экологию затрагиваемых районов и вместе с тем позволяет комплексно решать задачу освоения водных ресурсов.

Тесная связь проблемы с обширным кругом конкретных хозяйственных задач в решении продовольственной и энергетической программ страны обусловили необходимость рассмотрения комплекса практических вопросов, связанных с учетом и оценкой положительных и отрицательных природных и экономических факторов при формировании и развитии природно-экономических

комплексов на базе водотоков, водоемов и окружающих их территорий, а также с решением отдельных экологических и технико-экономических задач проектирования освоения водных ресурсов.

Введение, главы 1—4 и заключение написаны Б. В. Воробьевым, глава 5 — Л. А. Косолаповым, глава 6 — совместно. Научное руководство и редактирование осуществлены Б. В. Воробьевым.

Авторы глубоко признательны заслуженному деятелю науки РСФСР, доктору экономических наук, профессору П. П. Долгову, доктору экономических наук, профессору М. Я. Лемешеву, заслуженному мелиоратору РСФСР, главному инженеру института Ленгипроводхоз Д. А. Плотникову, доктору географических наук, профессору А. А. Соколову, старшему научному сотруднику, кандидату технических наук Б. Г. Федорову, кандидату технических наук Т. Н. Юровской за ценные замечания и предложения, высказанные при рецензировании рукописи монографии.

Глава 1. Реки, озера, их бассейны и системы — важнейшие составляющие природного базиса общества

1

1.1. Объективные основы учета и оценки экологических, социальных и экономических процессов при освоении природных ресурсов

Научное обоснование объективной необходимости учета и оценки экологических, социальных и экономических процессов в связи с освоением природных ресурсов базируется на марксистско-ленинском учении о всеобщей связи в природе, обществе и мышлении. Процесс влияния природной среды на развитие общества и процесс влияния человеческого общества на развитие природы — это не два параллельных самостоятельных процесса, а только различные стороны единого процесса взаимодействия общества и природы при решающем влиянии процесса общественного развития. Степень и качество влияния человека на природу зависят от уровня развития производительных сил и господствующих в обществе производственных отношений.

На современном этапе научно-технического прогресса, когда человек глубоко проник в тайны природы, изучил законы ее развития, всесторонне раскрыл ее потребительские свойства и на этой основе обеспечил бурный рост производительных сил, отношения природы и общества приобрели поистине глобальный, планетарный характер.

Учеными разных стран мира ставятся чрезвычайно тревожные вопросы в связи с все возрастающей нагрузкой на природу при нынешних и намечаемых масштабах развития производства. К числу главных проблем нужно отнести следующие: нарушение отдельных звеньев экосистемы и возможное нарушение экологического равновесия в целом; исчерпание невосполнимых природных ресурсов; ухудшение и сокращение сельскохозяйственных угодий и лесов, а также земель, пригодных к освоению; загрязнение и отравление водной и воздушной сред и т. д.

В нашей стране с каждым годом все больше и больше внимания и материальных средств уделяется охране природы и рациональному использованию природных ресурсов. Решение этих вопросов регулируется государством и закреплено в специальных законодательствах СССР и союзных республик.

Необходимость оценки отдельных составляющих природного базиса общества (объектов природопользования) обусловлена тем положением, которое занимают они как естественная основа материального производства, как природный базис повышенной или пониженной производительной силы труда, той ролью, которую

играют они в процессе производства вне зависимости от какой-либо определенной общественной формы, тем значением, которое имеют они для развития производительных сил общества, являясь и элементом природной среды и природным ресурсом. При этом, если объективная необходимость оценки объектов природопользования с учетом положительного и отрицательного влияния на них хозяйственной деятельности человека обусловливается действием общих законов развития природы и общества, а степень этой необходимости — уровнем развития производительных сил общества, то конкретное содержание, задачи и формы оценки определяются господствующими в обществе производственными отношениями [157].

В социалистическом обществе эта оценка производится в интересах всех членов общества в соответствии с экономическими законами социализма, с социалистическими производственными отношениями и предназначена для выбора оптимального варианта использования природных ресурсов в различных отраслях народного хозяйства с учетом охраны и преобразования природной среды.

Большинство исследователей проблемы общество — природа, рассматривая экономическую роль природного базиса в общественном производстве, обычно различают природные условия и природные ресурсы [15, 49, 92, 116, 181], совокупность которых А. А. Минц определил как природные факторы жизни общества [116]. Политэкономическое обоснование сущности этих факторов раскрыто в [160, 161], в частности, И. К. Смирновым, Е. А. Соловьёвой и другими авторами.

Авторы предлагают несколько расширить эти определения. Природная среда — совокупность естественных ресурсов и условий, под воздействием которых сформировались и воспроизводятся флора, фауна и среда обитания человека, обеспечивающие возможность общественной производственной деятельности. Отдельные составляющие природной среды (например, реки и пойменные земли) являются ее элементами, находящимися во взаимосвязи и имеющими взаимообусловленность. Вовлеченные в сферу хозяйственной деятельности человека элементы природной среды становятся природными ресурсами — «общественными производительными силами естественного происхождения» [160], «носителями производственных отношений» [161].

Экономическая среда — это совокупность основных производственных и непроизводственных фондов и природных ресурсов, включенных в состав производительных сил общества. Под окружающей средой понимается совокупность природной и экономической сред, определяющих экологические и экономические условия жизни человека при данном уровне развития производительных сил и производственных отношений.

Под природно-экономическим базисом производства авторы понимают пространственно ограниченный комплекс как относительно самостоятельную воспроизводственную систему, включающую взаимодействующие природную и экономическую среды, неотделимые

друг от друга в своем развитии. По мнению авторов, именно в этом понятии заключена сущность термина «интегральный ресурс», предложенный Н. П. Федоренко и Н. Ф. Реймерсом [181].

На рис. 1.1. помещена предлагаемая авторами модель освоения природных ресурсов в пределах природно-экономического комплекса (ПЭК) или района на определенный расчетный уровень (период). В этой модели отражены характеристика объектов природопользования как элементов природной среды и источников природных ресурсов и эколого-социально-экономическая задача хозяйственной деятельности человека, учитывающие одновременно и экологические, и социальные, и экономические процессы, протекающие в природно-экономическом комплексе в связи с существующим использованием и планируемым освоением природных ресурсов.

Рассматривая проблему рационального использования и охраны водотоков и водоемов, под объектом природопользования авторы понимают пространственно ограниченный комплекс [48, 116], включающий водотоки, водоемы, приречные, приозерные, приводохранилищные территории, имеющие непосредственную экологическую и экономическую взаимосвязь и взаимообусловленность.

Входящие в состав объекта природопользования водные и земельные фонды одновременно являются и элементами природной среды (не участвуют в производстве), и природными ресурсами (используются или могут использоваться той или иной отраслью народного хозяйства). Однако если земельный фонд можно физически разделить (хотя и с некоторой степенью условности) на элементы природной среды и природный ресурс, то водотоки и водоемы обладают неразрывным единством этих составляющих. Здесь понятие «не участвуют в призводстве» условно и означает природоохранные ограничения на хозяйственное освоение водотоков и водоемов.

В процессе развития общества соотношение водного и земельного фондов как элементов природной среды и природных ресурсов постоянно изменяется. Происходят количественные и качественные изменения в этих составляющих объекта природопользования. При данном уровне развития производительных сил общества на определенный период сложившийся объект природопользования в том или ином районе страны характеризуется:

водным и земельным фондами — природными ресурсами, используемыми соответственно как источник водопотребления и водопользования (промышленное, сельскохозяйственное и коммунальное водоснабжение; орошение и обводнение земель; водный транспорт; ГЭС, ТЭС, АЭС; искусственное рыборазведение и рыболовство и т. п.), как основное средство производства в сельском и лесном хозяйстве, для добычи полезных ископаемых и сырья, как пространственный базис размещения городов, сельских населенных пунктов, промышленных предприятий, дорог, линий электропередачи и связи, мелиоративных систем, водохранилищ и других сооружений различных отраслей народного хозяйства;

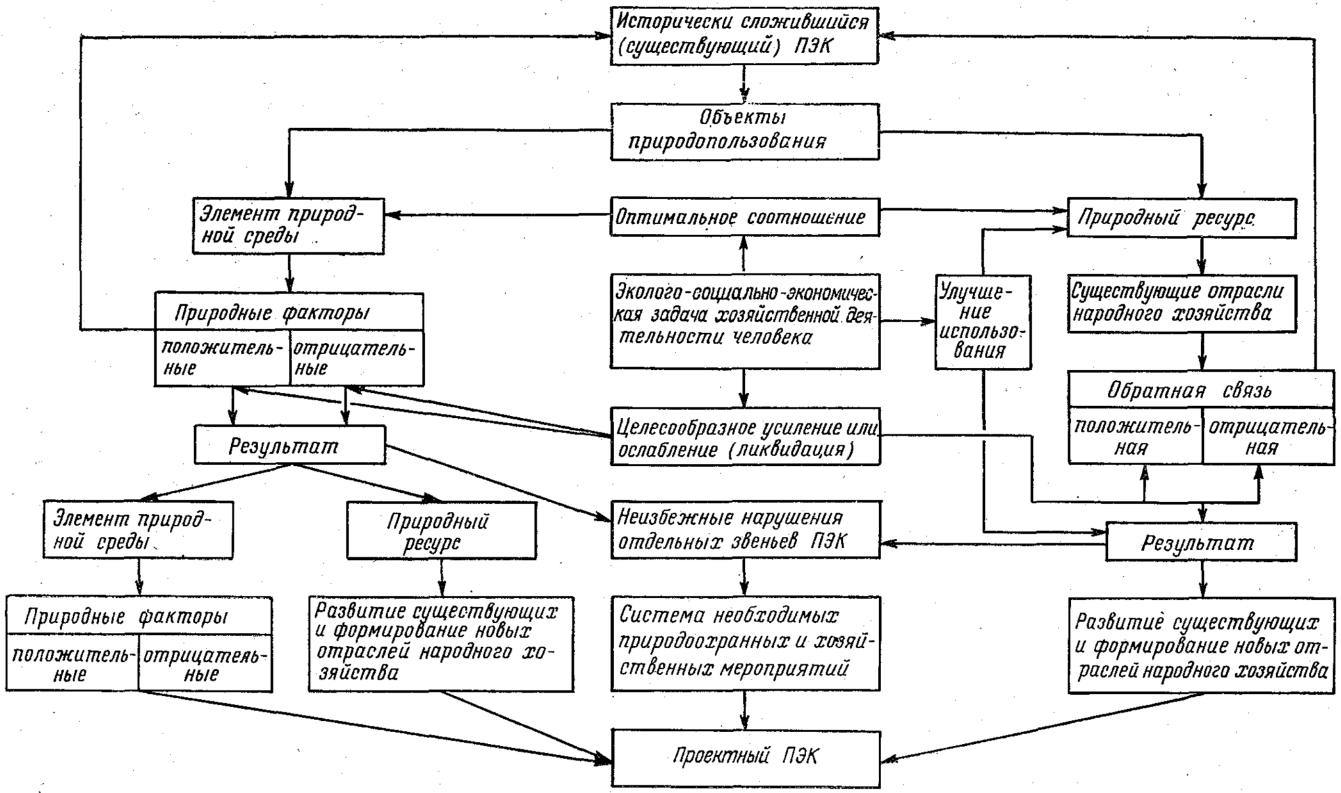


Рис. 1.1. Модель освоения природных ресурсов в пределах природно-экономического комплекса (ПЭК) на определенный расчетный уровень.

водным и земельным фондами — элементами природной среды с определенными экологическими характеристиками водного режима водотоков и водоемов, под воздействием которых сформировались биоценозы в водной среде и прилегающих территориях (видовой и количественный состав рыб; местоположение и качество естественных нерестилищ; состав земельных угодий — естественные луга, леса, кустарники, болота и прочие земли; мелиоративное состояние — физико-химические свойства и водно-воздушные условия; состав растительных ассоциаций лугов; породный состав древесной и кустарниковой растительности; типы болот — низинные, верховые, переходные; и, наконец, животный мир, обитающий в пределах земельного фонда).

Сложившееся равновесие в экологических и экономических процессах характеризуется определенными положительными и отрицательными взаимосвязями. Поэтому при любом виде хозяйственной деятельности человека в пределах природно-экономического комплекса, в том числе объекта природопользования, необходимо изучение природных и экономических факторов, на основе качественной и количественной оценки которых решается эколого-социально-экономическая задача по использованию водных и земельных фондов, заключающаяся в установлении оптимального соотношения водных и земельных фондов как элементов природной среды и природных ресурсов; в необходимости усиления положительных или ослабления (ликвидации) отрицательных природных и экономических факторов.

В результате устанавливается экологическая, социальная и экономическая целесообразность преобразования водного и земельного фондов путем вовлечения их в сферу производства, т. е. превращения элементов природной среды в природные ресурсы; изменения их использования как природных ресурсов.

В процессе развития производительных сил неизбежно происходит отчуждение водного и земельного фондов из природной среды или сферы сложившегося производства. Под отчуждением авторы понимают результаты отрицательных последствий в хозяйстве и природе при освоении природных ресурсов. Поэтому при планировании развития производительных сил на базе объекта природопользования должны быть выявлены неизбежные нарушения отдельных звеньев природно-экономического комплекса, разработана и осуществлена система необходимых природоохранных и хозяйственных мероприятий, обусловленных отчуждением водных и земельных фондов.

Реализация рассмотренной модели освоения природных ресурсов, по нашему мнению, возможна только на основе экономической оценки природного базиса общества и его отдельных составляющих — объектов природопользования — с учетом экологических и социальных ограничений. В настоящее время такой оценки не существует, что затрудняет принятие объективных решений при выполнении народнохозяйственных планов в части рационального использования природных ресурсов и охраны природы.

1.2. Сущность оценки объектов природопользования

Сущность оценки объекта природопользования состоит в определении ценности объекта как источника природных условий жизнеобеспечения человека, как средства производства, кладовой полезных ископаемых и сырья, пространственного базиса размещения производства, как комплекса природных факторов, обусловливающих формирование и развитие растительного и животного мира с целью оптимального использования в народном хозяйстве в интересах всех членов общества.

Роль тех или иных составляющих природного базиса общества, как участвующих (природные ресурсы), так и не участвующих (элементы природной среды) в производстве (существующем или планируемом на определенный расчетный уровень), различна для разных отраслей народного хозяйства; различна также степень влияния отраслей материального производства на природу.

«Ум человеческий, — писал В. И. Ленин, — открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней...» [2]. Хотя интересы экологии и экономики в условиях социалистического хозяйствования гармонично сочетаются, задача преодоления неизбежно (объективно) возникающих противоречий между природой и обществом, образно выражаясь, является вечной: изменяются только количественные и качественные стороны этого взаимодействия. «Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и «опосредствования». Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибок...» [3].

Необходимость всесторонней оценки природного базиса обусловлена самой практикой социалистического хозяйствования, включающего планирование размещения и развития производительных сил, текущую работу предприятий по претворению в жизнь плановых заданий, государственный контроль за соблюдением объективных требований охраны природы и рационального использования природных ресурсов при всех видах хозяйственной деятельности человека. Эта оценка, по нашему мнению, должна явиться исходной базой для теоретической и практической разработки вопросов эффективности современной и будущей территориальной организации хозяйства. В частности, при анализе и изучении: 1) роли природного фактора в формировании размещения материального производства, производственной и социальной инфраструктуры на территории республики, экономического района, области (края) и т. д.; 2) влияния природного фактора на структуру основных фондов, на затраты общественного труда для решения данной хозяйственной задачи; 3) необходимости учета природного фактора для совершенствования ценообразования. Указанное тесно связано с проблемой создания равных социальных и экономических условий для отраслей и отдельных предприятий, базирующихся в различных природных районах страны.

Стоящая перед обществом задача создания системы рационального использования природных ресурсов, оптимального взаимодействия природы и общества может быть успешно решена в том случае, когда естественные науки смогут дать качественно и количественно точные требования к технике с учетом экономики сегодняшнего дня и отдаленного будущего. В связи с этим приведем основные направления исследований, рекомендованные Научным советом АН СССР по эффективности основных фондов, капитальных вложений и новой техники:

совершенствование методики оценки эффективности капитальных вложений экологического назначения с учетом социальных последствий;

создание системы учета, сбора и обработки информации о состоянии окружающей среды и выявление на этой базе потребности в капитальных вложениях экологического назначения; разработка нормативных удельных капитальных вложений;

разработка единой программы экологических мероприятий, дифференцированной по территории страны и срокам ее осуществления, с определением расходов по реализации программы;

оценка эффективности капитальных вложений, необходимых для реализации крупных межотраслевых программ мероприятий по охране и рациональному использованию природных ресурсов, а также для реализации локальных экологических мероприятий в комплексных производственных программах.

Осуществление этих задач тесно связано с решением проблемы эколого-социально-экономической оценки природного базиса общества и его отдельных составляющих, которая позволит объединить усилия ученых естественных, технических и экономических наук в разработке научно обоснованных нормативов использования природных ресурсов и преобразования природной среды, включающих соответствующие качественные и количественные натуральные и стоимостные показатели.

На рис. 1.2 представлена предлагаемая нами схема оценки объекта природопользования, включающая экологическую оценку природной среды, социальную оценку природной среды и природных ресурсов, экономическую оценку природных ресурсов. Придавая этим оценкам известную самостоятельность, обусловленную спецификой решаемых народнохозяйственных задач, а отсюда и различием предмета, критерия и показателей оценок, различием методологии и практики проведения оценок и, наконец, различной степенью участия в оценочных работах тех или иных областей знания, мы рассматриваем их как единое целое в решении проблемы «общество—природа», как взаимообусловливающие друг друга и неотделимые друг от друга. При этом экологическая оценка направлена на решение проблемы охраны природной среды, а социальная и экономическая оценки — на решение социальной и хозяйственной сторон проблемы.

Эколого-социально-экономическая оценка природного базиса социалистического общества должна способствовать, по нашему

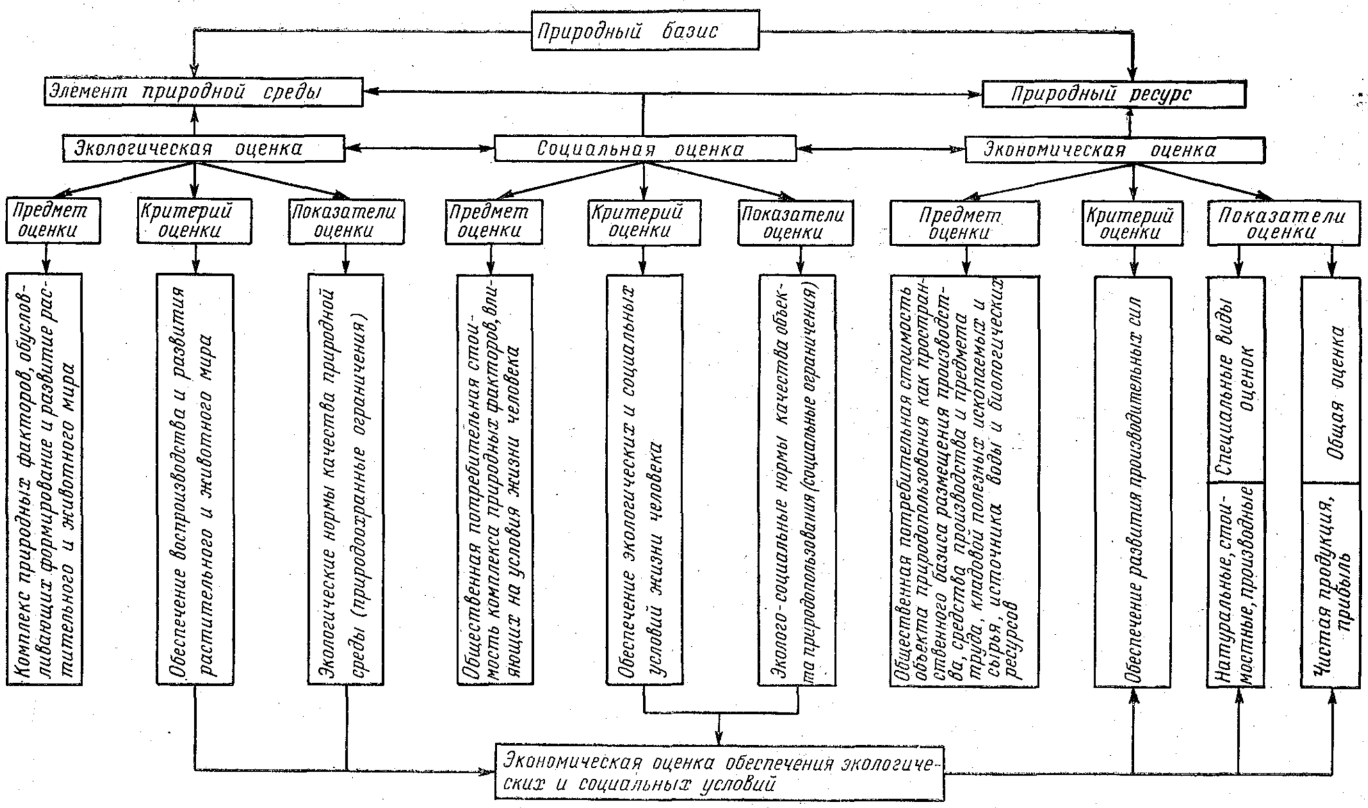


Рис. 1.2. Схема оценки объекта природопользования.

мнению, решению главной задачи — познанию природы и общества как некоего целого, неделимого для обеспечения объективного комплексного управления всеми процессами в природе и обществе. Иными словами, оценка должна базироваться на познанных закономерностях взаимодействия человека и природы; ее результаты необходимы для обеспечения научно обоснованного природопользования.

Прежде чем приступить к рассмотрению предмета, критерия и показателей оценки природного базиса социалистического общества, отметим, что оценка должна проводиться для отдельных объектов природопользования с их последующей целевой увязкой в зависимости от решаемой народнохозяйственной задачи в масштабе природно-экономических районов, регионов и страны в целом.

Авторы не претендуют на всеобъемлющий методологический подход к оценке природного базиса общества и рассматривают этот вопрос применительно к исследуемой проблеме — к экономической оценке водотоков и водоемов как объектов природопользования.

При разработке теоретических и методологических вопросов проблемы авторы опирались на известные работы И. К. Смирнова [157, 158].

1.2.1. Экологическая оценка объекта природопользования

Экология, как известно — одна из биологических наук, изучающая взаимоотношения организма с окружающей средой. Отсюда предметом экологической оценки природной среды является комплекс природных факторов, обусловливающих формирование и развитие растительного и животного мира в пределах рассматриваемого района при данном уровне развития производительных сил, т. е. с учетом происшедших антропогенных положительных или отрицательных изменений природных компонентов.

Главное значение здесь мы отводим растительному и животному миру, ибо, как известно, в эволюции биосферы активное начало принадлежит живому. При этом само собой разумеется, что в комплексе природных факторов (предмет оценки) входит и сама живая природа, как самоопределяющийся фактор. Действительно, биоценоз есть совокупность растений и животных, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными природными (климат, рельеф, почвы, гидрология, гидрогеология и т. п.) и антропогенными (созданными человеческой деятельностью) условиями жизни. Каждый биоценоз определяется своим, только ему присущим составом растительных и животных сообществ.

Критерий оценки нами рассматривается как средство достижения конечной цели на основе имеющихся знаний о природных, технических и экономических факторах. Он определяет классификацию и значение этих факторов и является общим мерилом потребительной стоимости объекта природопользования. При этом конкретным выражением критерия являются показатели, состав

которых определяется решаемой народнохозяйственной задачей.

Рациональное природопользование может быть обеспечено только на основе объективной экономической оценки объекта природопользования, учитывающей природоохранные ограничения. Отсюда критерием экологической оценки, по мнению авторов, является наличие определенных условий, необходимых для обеспечения воспроизводства и развития растительного и животного мира в рассматриваемом природно-экономическом комплексе.

Оценка не имеющих стоимости природных факторов, обеспечивающих развитие живой природы, по существу, является оценкой степени относительной полезности этих факторов для различных видов растительного и животного мира, для тех или иных биоценозов в пределах объекта природопользования на определенный период. При этом строго фиксированным условием-ограничителем здесь выступает показатель предельно допустимого изменения тех или иных природных факторов или их совокупности применительно к данному объекту природопользования, который характеризуется определенной экосистемой, т. е. определенным комплексом сред обитания биоценозов, а именно: водотоков, водоемов, лесов, лугов, болот, песков и др.

При экологической оценке объекта природопользования возникают следующие вопросы. Какая из сред обитания биоценозов является главной, определяющей? Какова возможность трансформации биоценозов в пределах различных сред обитания? Какова возможность трансформации мест обитания биоценозов (например, в результате изменения водного режима рек, создания водохранилищ, уменьшения или увеличения площади и качества лесов, лугов, болот и прочих видов сред обитания; изменения физико-химических свойств природной среды в результате воздействия различных выбросов)?

Чтобы ответить на эти вопросы, необходимо всестороннее изучение зависимости численности и генетической структуры всех видов растительного и животного мира от тех или иных природных факторов и их комплекса с выделением главных, определяющих.

Таким образом, по существу, требуется изучение всех потребительских свойств живой и неживой природы, т. е. требуется установление качественных и количественных показателей оценки природной среды для данного природно-экономического района (объекта природопользования) при сложившемся биогеоценотическом покрове и возможном (целесообразном) его состоянии для планируемого уровня развития производительных сил (уровня урбанизации среды). В конечном счете должны быть установлены экологические нормы качества объекта природопользования как природной среды, которые являются природоохранными ограничениями при существующем и планируемом освоении природных ресурсов.

В своей работе мы, естественно, не ставим задачу определить эти ограничения. Это область биологических, медицинских и других естественных наук. Конкретные показатели экологической оценки должны устанавливаться в каждом отдельном случае при-

менительно к исследуемому объекту природопользования. Но, очевидно, без этой исходной информации не может быть обеспечен объективный учет требований охраны природы и рационального использования природных ресурсов.

Экономическая оценка обеспечения экологических условий определяется, с одной стороны, натуральными и стоимостными показателями, характеризующими «свертывание» производства или его «замораживание», с другой — хозрасчетными затратами отраслей (объектов) народного хозяйства и госбюджетными ассигнованиями на охрану природы при решении задачи оптимального производства на базе конкретного объекта природопользования на определенный период.

356275

1.2.2. Социальная оценка объекта природопользования

Объект природопользования выступает не только как природный базис развития экономики, но и как жизненная среда человека — главной производительной силы общества. Потребительная стоимость объекта природопользования существует «как субстанция потребности» [1] в определенных условиях жизни человека: медико-биологических, производственных (условия труда, связанного с использованием природных ресурсов), продовольственных, рекреационных, эстетических (духовных). Поэтому предметом социальной оценки объекта природопользования является общественная потребительная стоимость комплекса природных факторов, влияющих на условия жизни человека.

Эта оценка направлена прежде всего на обеспечение нормальных (целесообразных, возможных) при данном уровне развития производительных сил экологических и социальных условий жизни людей в пределах конкретного природно-экономического района — объекта природопользования — при сложившемся и планируемом хозяйственном использовании объекта (например, водотока и окружающей территории). Таким образом, критерием социальной оценки объекта природопользования является наличие определенных условий, необходимых для обеспечения жизни человека.

На основе изучения положительных и отрицательных потребительских свойств природного базиса как элемента природной среды и природного ресурса должны быть установлены эколого-социальные нормы качества объекта природопользования. Эти нормы являются показателями абсолютной оценки, а степень удовлетворения норм (фактическая или планируемая) — показателем относительной оценки. Экономическая оценка обеспечения эколого-социальных норм качества среды производится по тем же показателям, которые рассмотрены при экологической оценке природной среды.

1.2.3. Экономическая оценка объекта природопользования

В советской экономической науке вопрос оценки природных ресурсов рассматривается, как правило, дифференцированно по отдельным их видам: земля, вода, лес, полезные ископаемые.

Ленинградский ...ческий ин-т

Естественно, что все исследователи связывают задачу оценки с обеспечением максимального эффекта в народном хозяйстве при использовании данного природного ресурса. Однако единого подхода к оценке природных ресурсов до настоящего времени нет, что объясняется прежде всего различным пониманием предмета, критерия и показателей экономической оценки [157]. Авторы считают, что это обусловлено, с одной стороны, желанием исследователей найти универсальную оценку, независимо от того, какую задачу преследует оценка, с другой — оторванностью отдельных частных оценок тех или иных природных ресурсов от экономической оценки природного базиса района нахождения этих ресурсов (объекта природопользования).

Экономическая оценка объекта природопользования преследует задачу оптимального использования пространственно ограниченного комплекса (ПОК), т. е. применительно к исследуемой проблеме — задачу создания наиболее рациональной (оптимальной) системы водопользования, водопотребления и землепользования с учетом экологических и социальных факторов на определенный расчетный уровень (период). По нашему мнению, только комплексная экономическая оценка объекта природопользования как единого целого — единственный путь для объективного выбора оптимального варианта использования природных ресурсов в пределах пространственно ограниченного комплекса, исключающий ведомственный, местнический подход к освоению водных ресурсов.

Таким образом, предметом экономической оценки объекта природопользования является его общественная потребительная стоимость как пространственного базиса размещения производства, средства производства и предмета труда, кладовой полезных ископаемых и сырья, источника воды и биологических ресурсов. Рассмотрение общественной потребительной стоимости объекта природопользования как совокупности многих потребительских свойств обусловливает необходимость оценки различных сторон полезности пространственно ограниченного комплекса, общим, интегрирующим критерием которой является обеспечение развития производительных сил при данных общественно необходимых условиях производства (существующих или планируемых). При этом целевой функцией является максимум народнохозяйственного эффекта от использования природных ресурсов, достигаемого с учетом экологических и социальных ограничений при их освоении, при соблюдении условия нормативной эффективности производства в пределах объекта природопользования.

Тот факт, что потребительские свойства объекта природопользования по-разному влияют на те или иные стороны хозяйственной деятельности человека, являясь для одних отраслей (объектов) положительными, для других — отрицательными, а для третьих — нейтральными, обусловливает проведение специальных видов экономической оценки отдельных природных ресурсов и объекта природопользования в целом для решения многообразных задач при формировании оптимального плана.

В зависимости от того, какие потребительские свойства объекта природопользования изучаются и какая при этом преследуется цель, показатели специальных видов экономической оценки могут быть натуральными, стоимостными и производными. К числу натуральных показателей отнесены конкретные виды продукции и услуг (ассортимент, количество и качество), стоимостных — стоимость валовой продукции, прибыль, дифференциальный доход, дифференциальная рента, себестоимость продукции и услуг, приведенные затраты, стоимость отчуждений в хозяйстве и природе, производных — производительность труда, рентабельность производства, эффективность капитальных вложений, коэффициент надежности производственной системы, коэффициент готовности оборудования к несению нагрузки, степень обеспеченности природным ресурсом и др.

Общая экономическая оценка объекта природопользования есть оценка в составе оптимального плана производства конкретных видов продукции и услуг в условиях обеспечения экологических и социальных норм качества среды. Показателем общей оценки, наиболее полно отражающим принятый нами критерий оценки, является вновь созданная стоимость, т. е. чистая продукция, и прибыль.

Общая экономическая оценка осуществляется в два этапа: на первом определяется замкнутая оценка пространственно ограниченного комплекса при установленном для него оптимальном составе, мощности и размещении объектов народного хозяйства на суше и на воде, т. е. вне связи с природно-экономическим комплексом (районом), в который входит объект природопользования; на втором этапе осуществляется сравнительная оценка производства той или иной продукции, тех или иных услуг в пределах и за пределами объекта природопользования. Здесь мы имеем в виду соблюдение принципа сохранения производства конкретных видов продукции и услуг в составе плана, установленного для природно-экономического комплекса (ПЭК) в целом, и не исключаем учета прямых и обратных связей между объектом природопользования и ПЭК, т. е. между частью и целым. Корректировка плана осуществляется с использованием результатов специальной экономической оценки природных ресурсов по показателю дифференциальной ренты [48].

Подчеркиваем, что авторы предполагают использование результатов экономической оценки отдельных видов природных ресурсов (земли, воды, леса, полезных ископаемых).

Рассмотренные методологические положения по оценке объекта природопользования реализованы в методике, изложенной в гл. 4.

1.3. Особенности водотоков и водоемов как важнейших составляющих природного базиса общества

Формирование водотоков и водоемов как объектов природопользования началось вместе с возникновением и развитием человеческого общества. Известно, что первые поселения человека

размещались в основном в долинах рек и озер. Наличие источников воды, водных транспортных связей, обилия рыбы, высокопродуктивных заливных лугов, плодородных пойменных земель обусловило наиболее интенсивное заселение и освоение приречных и приозерных территорий. Естественно, что по мере развития производительных сил общества постоянно возрастающее влияние нагрузок урбанизации природной среды в первую очередь затрагивало водотоки, водоемы и окружающие их территории.

Показательно, что, если нанести на карту страны только одни города, то, по существу, будет воспроизведена гидрографическая сеть страны [8] или, по крайней мере, ее основных экономических районов. Хорошим примером в этом отношении является р. Волга, хозяйственное освоение которой характеризует исторический путь развития взаимоотношений человека с природой.

Во все времена Волгу называли и будут называть народной труженицей, поилицей и кормилицей. Но, если на ранних этапах развития общества она могла удовлетворять все потребности человека и сама справлялась с нагрузками урбанизации, то к настоящему времени наступил предел в ее хозяйственных возможностях и экологической саморегуляции. Волга — одна из немногих рек, испытавших все возможные направления хозяйственного использования: водный транспорт, рыбное хозяйство, лесосплав, бытовое, промышленное и сельскохозяйственное водоснабжение, гидроэнергетика, теплоэнергетика, ирригация и, наконец, массовая рекреация.

В настоящее время в приволжских районах проживает около 50 млн. человек, расположены тысячи больших и малых промышленных предприятий. Так, например, в районах Волжско-Окской полосы Горьковской области, занимающих 32 % территории области, сосредоточено более 60 % населения и 70 % городов и рабочих поселков. В Костромской области Прикостромской район на Волге занимает около 15 % территории, а проживает в нем 40 % населения. Наличие плодородных земель и высокопродуктивных лугов в долине Волги и в Костромской низине обусловили развитое сельскохозяйственное производство в этом районе. Освоенность территории под пашню и плотность сельского населения здесь в 2 раза превышают среднеобластные показатели. Отметим, что подобные показатели характерны не только для всех приволжских областей, но и для других районов, расположенных на крупных реках и озерах Европейской части СССР.

Каскад ГЭС превратил Волгу в гигантские ступени водохранилищ с суммарным полным объемом 103,6 км^3 и площадью зеркала 11,5 тыс. км^2. Изменились водный режим, течения, температура, физико-химические и биологические свойства воды. Обеспечение развития производительных сил страны на базе р. Волги вызвало ряд проблем, основными из которых являются: покрытие дефицита водных ресурсов; восстановление и сохранение качества воды; воспроизводство рыбных запасов, особенно ценных пород; дальнейшая оптимизация водопользования и водопотребления.

Таким образом, в течение многих веков происходило постепенное вторжение в экосистему бассейна р. Волги, которое сначала не понималось вообще, затем не замечалось вследствие незначительных воздействий, потом бессознательно, а иногда и сознательно игнорировалось, и, наконец, человек понял необходимость не только оценки последствий своей власти над гигантским объектом природопользования, но и необходимость помощи великой русской реке путем экономного и эффективного использования имеющихся водных ресурсов. Недавно создан институт экологии Волжского бассейна Академии наук СССР.

Отмеченная особенность Волги как объекта природопользования характерна для большинства рек и озер Европейской части страны; в зависимости от природных и экономических особенностей районов может изменяться лишь соотношение различных видов водопользователей и водопотребителей.

Самыми обжитами и освоенными территориями в Сибири, Средней Азии и на Дальнем Востоке являются также долины крупных рек и их притоков: Оби, Иртыша, Енисея, Ангары, Лены, Сырдарьи, Нарыма, Чирчика, Вахша, Амура, Зеи, Уссури и многие другие реки. Наиболее интенсивное освоение районов Сибири и Дальнего Востока происходит в последнюю четверть века. В настоящее время особенно возросли масштабы освоения рек, на которых располагаются крупные промышленные центры и сельскохозяйственные районы.

На Иртыше, с водным режимом которого связано развитие производительных сил Казахской ССР и ряда областей РСФСР, уже наступил дефицит водных ресурсов. Возникли противоречия не только между различными отраслями (объектами) народного хозяйства (гидроэнергетика, водный транспорт, сельское хозяйство, промышленное водоснабжение), но и между обществом и природой (обезвоживание поймы в нижнем бьефе Бухтарминской ГЭС в сочетании с всевозрастающими безвозвратными заборами воды для различных нужд народного хозяйства и сбросами неочищенных сточных вод промышленными предприятиями).

На Оби, где бурное развитие промышленности, добычи нефти и газа, разработки лесных ресурсов предъявляют особые требования к реке и ее пойме с точки зрения обеспечения потребности населения в продуктах питания, начался интенсивный процесс вторжения в освоение поймы. Неблагоприятный режим затопления поймы в вегетационный период обусловил создание проектов польдерного ведения сельского хозяйства и реконструкции водного режима реки путем строительства гидротехнических сооружений. При их осуществлении появится дополнительная нагрузка на экосистему Оби.

Проблема дефицита водных ресурсов актуальна также для Енисея с Ангарой, особенно в связи с их предстоящим освоением в среднем и нижнем течении. Здесь разведаны крупные месторождения ценных полезных ископаемых и газа, сосредоточено около

трех миллиардов кубометров спелых и переспелых лесов, возводится Богучанская ГЭС на Ангаре и намечается строительство Среднеенисейской и Осиновской ГЭС на Енисее и других электростанций, на базе которых проектируется создание пяти крупных промышленных узлов, включающих горнообогатительные комбинаты, заводы ферросплавов, целлюлозно-бумажные комбинаты, фанерные и гидролизно-дрожжевые заводы, заводы минеральных удобрений и другие.

Приречные районы юга Красноярского края характеризуются высокой концентрацией промышленных и сельскохозяйственных центров. Дальнейшее развитие производительных сил на базе водных ресурсов уникального бассейна, имеющих высокую степень зарегулированности стока Енисея Красноярским и Саяно-Шушенским гидроузлами и Ангары — Братским и Усть-Илимским гидроузлами, требует всесторонней оценки и учета взаимосвязи экологии и экономики.

Освоение Дальневосточного края, его заселение осуществлялось вдоль рек Амура, Зеи, Буреи, Уссури и других, являвшихся в то время основой транспортных связей. В связи с тем, что $^2/_3$ территории Дальнего Востока занимают горные районы с суровыми климатическими условиями, сельскохозяйственное производство развивалось на относительно небольших площадях равнин и низин, расположенных в междуречьях в южной части края. Эти районы характеризуются наиболее благоприятными почвенными и климатическими условиями и вместе с тем в наибольшей степени подвержены наводнениям. Так, например, в пяти призейских административных районах, занимающих 5,6 % территории Амурской области, сосредоточено более 46 % населения и около 40 % сельскохозяйственных угодий. Если освоенность территории Амурской области под сельскохозяйственные угодья составляет менее 10 %, то в указанных районах этот показатель достигает 45 %, а в пойме р. Зеи — более 60 %.

Однако реки в ряде случаев становятся тормозом в развитии производительных сил. Неправильная, бессистемная вырубка лесов на водосборных площадях и распашка земель в долинах рек привели к нарушению водного баланса, а молевой сплав леса существенно уменьшил рыбопродуктивность рек вследствие сокращения, а порой и гибели естественных нерестилищ ценных пород рыб.

Интенсивная застройка речных долин дорожными насыпями, мостовыми переходами, дамбами также отрицательно повлияли на окружающую среду, так как способствовали увеличению разрушительной силы наводнений. Наводнения часто приводят к гибели урожая, к разрушению строений, дорог; вызывают неустойчивость сельскохозяйственного производства и отток рабочей силы из сферы сельскохозяйственного производства. В целях борьбы с наводнениями при гидроэнергетическом освоении водных ресурсов Дальнего Востока создаются противопаводковые емкости, аккумулирующие сток. На р. Зее построен, на Бурее строится, на

Большой Уссурке проектируется комплексные гидроузлы, одной из основных задач которых является борьба с наводнениями.

Итак, водотоки и водоемы являются важнейшей базой для развития производительных сил страны, на которое они оказывают как положительное, так и отрицательное влияние. Особого внимания требуют водотоки и водоемы в районах с высоким уровнем урбанизации, где существует дефицит водных ресурсов. Так, на долю Европейской части СССР, где сосредоточено более 70 % населения, приходится около 22 % поверхностного водного стока страны. По отдельным крупным районам страны этот показатель характеризуется данными табл. 1.1 [29]. Относительная обеспеченность собственным речным стоком по союзным республикам приведена в табл. 1.2 [29].

Таблица 1.1

Удельный вес (%) населения и объема речного стока СССР

Территория	Речной сток	Население
СССР	100	100
РСФСР	93	55,5
Сибирь, Дальний Восток	74	12,5
Север и северо-запад европейской части СССР	12	5
Центр, Урал и Предуралье, Поволжье, юго-восток европейской части СССР, Предкавказье	7	40
Украина, Молдавия	1,5	21
Белоруссия, Эстония, Латвия, Литва, Калининградская область	1,5	7
Азербайджан, Армения, Грузия	1	4,5
Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан	3	12

Таблица 1.2

Обеспеченность собственным речным стоком

Территория	На 1 км²	На 1 жителя	Территория	На 1 км²	На 1 жителя
СССР	1,00	1,00	Грузия	3,85	0,53
РСФСР	1,70	1,63	Армения	1,01	0,13
Восточная Сибирь	1,35	2,86	Азербайджан	0,41	0,07
Поволжье	0,44	0,15	Казахстан	0,10	0,24
Центральные черноземные области	0,50	0,10	Узбекистан	0,11	0,09
Северный Кавказ	0,72	0,22	Киргизия	1,24	1,63
Украина	0,44	0,05	Туркмения	0,01	0,04
Молдавия	0,11	0,11	Таджикистан	1,79	1,00
Белоруссия	0,88	0,21			
Эстония	1,27	0,44			
Латвия	1,17	0,28			
Литва	1,35	0,29			

По мере объективного роста промышленности и сельского хозяйства увеличивается дефицит водных ресурсов на значительной территории СССР, что снижает эффективность общественного производства в связи с постоянно возрастающими единовременными и текущими затратами на обеспечение нужд водопользования и водоснабжения, в том числе на строительство очистных и других сооружений по охране вод от загрязнения и истощения.

Отмеченная выше тенденция к возникновению дефицита водных ресурсов в значительной степени является следствием недостаточной разработанности соответствующих технологий производства, связанных с водопотреблением, т. е. дефицит воды в настоящее время обусловлен низкой эффективностью использования водных ресурсов.

Важной особенностью речного стока является его временна́я неравномерность как в течение года (по сезонам и внутри них), так и в многолетнем разрезе (многоводные, средневодные, маловодные годы; чередование периодов, характеризующихся повышенной или пониженной водностью лет). Кроме того, в разных природно-климатических зонах страны характер распределения стока во времени существенно различается. Эта особенность не позволяет использовать и половины общего годового стока рек СССР.

Таким образом, неравномерное распределение стока рек по территории страны и во времени ставит проблему рационального размещения производительных сил с учетом водного фактора, проблему комплексного использования водных ресурсов, рационального сочетания водопользователей и водопотребителей, проблему перераспределения водных ресурсов между отдельными регионами страны, проблему регулирования речного стока в многолетнем, сезонном, месячном, недельном и суточном отрезках времени.

Уже в настоящее время трудно назвать крупные водотоки и водоемы, сток которых не претерпел бы изменения в результате строительства гидроузлов. Суммарный полный объем эксплуатируемых водохранилищ СССР (с единичным объемом каждого более 50 млн м^3) составляет 1,0 тыс. км^3, в том числе полезный объем 0,47 тыс. км^3; общая площадь зеркала этих водохранилищ 122,0 тыс. км^2, из них озер (до подпора) — 53,55 тыс. км^2. Показатели по отдельным крупным районам СССР приведены в табл. 1.3. Отметим, что годовой сток рек СССР составляет, по данным Государственного гидрологического института (без стока, формирующегося за пределами границ страны), 4,4 тыс. км^3, а общая площадь, занятая плодородными, аллювиальными почвами в долинах рек и озер, около 55,0 млн. га. Происходит объективное вторжение человека в жизнь водотоков, водоемов и тесно связанных с ними приречных территорий.

Взаимодействие водотоков, водоемов и различных видов хозяйства чрезвычайно разнообразно, сложно и противоречиво. Если рассматривать отрасли (объекты) народного хозяйства на определенный период (год), то для одних водотоки и водоемы являются

Таблица 1.3

Основные показатели (%) эксплуатируемых водохранилищ объемом более 50 млн. м³ [6]

Территория	Количество водохранилищ	Объем		Площадь зеркала
		полный	полезный	
РСФСР	57,2	79,5	77,0	83,6
Европейская часть	52,0	30,7	34,3	42,8
Сибирь	4,4	38,3	32,0	37,0*
Дальний Восток	0,8	10,5	10,7	3,8
Латвия, Литва, Эстония, Белоруссия, Украина, Молдавия	11,7	4,9	4,6	6,5
Закавказье	6,5	2,0	2,3	0,8
Казахстан и Средняя Азия	24,6	13,6	16,1	9,1
Всего по СССР	100	100	100	100

* В том числе оз. Байкал 26,5 %.

элементами природной среды (не участвуют в производстве), для других — природными ресурсами, для третьих — частично элементом природной среды, частично природным ресурсом, т. е. степень освоенности водотоков и водоемов различными отраслями неодинакова.

Требования, предъявляемые к водотокам и водоемам отраслями (объектами) народного хозяйства также различны и часто противоречивы. Факторы водного режима рек, озер и искусственных водохранилищ (водность в сезонном разрезе, высота паводковых вод, меженные уровни, время и продолжительность стояния различных уровней воды, скорости течения, взвешенные наносы, температура воды и, наконец, чистота воды) одновременно могут являться для одних отраслей положительными, для других — отрицательными, для третьих — нейтральными. Степень воздействия тех или иных факторов водного режима водотоков и водоемов в пределах указанных групп отраслей народного хозяйства также различна. Важное значение имеет показатель вероятности повторения тех или иных характеристик водного режима за многолетний период, а также природно-климатический район хозяйственной деятельности человека.

Использование водных ресурсов той или иной отраслью народного хозяйства происходит под воздействием освоения основного природного ресурса для данной отрасли, а также в зависимости от используемого сырья, задач и специфики технологии производства. Так, например, в сельском хозяйстве основным природным ресурсом является земля, использование которой в бóльшей или меньшей степени связано с реками, озерами и искусственными водохранилищами (орошение, обводнение и осушение земель). Особое положение занимают пойменные земли, формирование, сельскохозяйственное освоение и продуктивность которых неразрывно связаны с водным режимом водотоков и водоемов. Естественно,

что требования сельского хозяйства к этим объектам природопользования и к водохозяйственному строительству вытекают из условий оптимального использования земли как основного средства производства.

Отмеченные выше особенности обусловливают необходимость экономической оценки воды как природного ресурса и экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования. Экономическая оценка водотоков и водоемов должна осуществляться как для отдельных видов водопользования и водопотребления (специальные виды оценок), так и для комплекса отраслей (объектов) в составе оптимального плана, т. е. с позиции народнохозяйственной эффективности (общая оценка).

1.4. Необходимость и задачи учета водного фактора в хозяйственной деятельности человека

Необходимость и задачи учета водного фактора в хозяйственной деятельности человека объективно вытекают из изложенных выше принципиальной модели освоения природных ресурсов, сущности экологической, социальной и экономической оценки природной среды и особенностей водотоков и водоемов как важнейших составляющих природного базиса общества, из самого определения водохозяйственного комплекса (ВХК), под которым авторы понимают экологически, социально и экономически обоснованную систему отраслей и отдельных предприятиий народного хозяйства по использованию водных ресурсов.

Являясь естественной основой материального производства, водотоки и водоемы посредством труда человека становятся источником создания новых потребительных стоимостей. Удовлетворяя ту или иную общественную потребность, реки, озера и искусственные водохранилища в зависимости от своих свойств обусловливают различные затраты труда, связанные с водопользованием и водообеспечением производства, а также с охраной природной среды, что оказывает существенное влияние на уровень производительности труда, на себестоимость продукции и услуг и в конечном счете на эффективность общественного производства.

Потребительские свойства водотоков и водоемов весьма разнообразны и определяются следующими основными признаками: объем стока в различные по водности годы; режим расходов и уровней в годы различной обеспеченности, в том числе в зимний, весенний, летний и осенний периоды, по месяцам внутри сезона года, неделям и суткам конкретного месяца; физико-химические и медико-биологические показатели качества воды. Для создания оптимальной системы водопользования и водопотребления необходимо установление экологической, социальной и экономической (отраслевой) полезности потребительских свойств конкретных водотоков и водоемов, требуется оценка прямых и обратных связей в системе водотоки, водоемы — отрасли (объекты) народного хозяйства — природная среда.

Вовлеченные в сферу хозяйственной деятельности водотоки и водоемы являются важным фактором производства, роль которого различна в зависимости от направления хозяйственного использования водных ресурсов. Различные факторы водного режима поразному влияют на конечные результаты производства — затраты трудовых, материальных и природных ресурсов в создание новых потребительных стоимостей. Отсюда возникает объективная необходимость установления общих и индивидуальных положительных и отрицательных факторов водного режима для водопользователей и водопотребителей с целью разработки нормативных требований к объему, режиму стока и качеству воды со стороны отдельных отраслей (объектов) народного хозяйства и последующего выбора наиболее эффективного их сочетания с учетом природоохранных ограничений.

Развитие производительных сил на базе водных ресурсов объективно приводит к дефициту водных ресурсов. Для их пополнения и охраны от загрязнения государство вынуждено направлять в водное хозяйство все больше и больше средств, удельный вес которых в совокупных затратах на производство продукции в водоемких отраслях промышленности достигает в настоящее время 25 % и более.

Особенности формирования приходной части водного баланса и использования водных ресурсов предопределяют значительную дифференциацию затрат на водоснабжение, очистку и отведение сточных вод в различных природных и экономических районах страны. Недоучет этого обстоятельства при планировании развития производительных сил приводит к негативным последствиям в экономике вследствие недостаточной обоснованности: очередности использования водных ресурсов в масштабе отдельных природно-экономических комплексов, регионов и страны в целом с учетом их сравнительной экономической эффективности; размещения промышленного и сельскохозяйственного производства; осуществления мероприятий по регулированию речного стока и межбассейновому перераспределению водных ресурсов.

По данным института Гидропроект, удельные капитальные вложения на прирост 1 м^3 подаваемой воды по Прибалтийскому экономическому району составляют 25,3 коп., Уральскому — 24,7 коп., Центральному — 14,5 коп., Западно-Сибирскому — 4,5 коп., Восточно-Сибирскому — 3,1 коп. При этом капитальные вложения на регулирование стока путем строительства гидроузлов и создания водохранилищ колеблются в пределах 0,2—4 коп. на 1 м^3, а эксплуатационные затраты 0,03 — 0,2 коп. на 1 м^3; эти показатели при пополнении водных ресурсов за счет переброски стока из других бассейнов составят соответственно 6—20 и 1—3 коп. на 1 м^3 воды [88].

Первостепенное значение при обосновании и принятии проектных решений водохозяйственного строительства имеет всесторонняя (полная) оценка единовременных и текущих затрат, обусловленных отчуждениями в хозяйстве и природе в связи с созданием

водохранилищ и изменением водного режима рек в нижних бьефах гидроузлов, с учетом природных и экономических особенностей районов освоения водных ресурсов. Следует отметить, что до настоящего времени нет единого общепризнанного методологического и методического подхода к оценке водного фактора стоимостью отчуждений, отсутствуют соответствующие экологические, социальные и экономические нормы и нормативы.

Необходимость учета водного фактора обусловлена тесной взаимосвязью водотоков, водоемов и окружающих их территорий, объективно требующей оценки влияния использования водных ресурсов на другие природные ресурсы и элементы природной среды. Особое значение приобретает оценка пойменного земельного фонда с учетом положительных и отрицательных факторов водного режима, а именно условий затопления и подтопления приречных, приозерных и приводохранилищных территорий в различные периоды года дифференцированно по районам страны.

Учет водного фактора через оценку водотоков и водоемов как объектов природопользования является необходимым условием для выбора оптимального варианта вложения средств в освоение водных ресурсов, повышения народнохозяйственной эффективности капитальных вложений, связанных с комплексным использованием рек, озер и искусственных водохранилищ.

Эта задача решается при проведении оценочных работ на основе: выявления ведущих отраслей (объектов) — водопользователей и водопотребителей; определения замыкающих затрат на пополнение водных ресурсов для прочих отраслей и объектов, учета влияния дефицита водных ресурсов, ухудшения водного режима и качества воды на снижение эффективности функционирования действующих предприятий; установления предельно допустимого вмешательства человека в жизнь водотоков и водоемов, т. е. природоохранных ограничений; экономически обоснованного распределения затрат между участниками ВХК.

Только на основе объективной оценки водотоков и водоемов можно устанавливать научно обоснованные нормативы эффективности капитальных вложений в освоение водных ресурсов, учитывающие обеспечение экологических и социальных условий природопользования; планировать и производить хозрасчетные затраты отдельных предприятий и осуществлять целенаправленные централизованные государственные бюджетные ассигнования на охрану природы; оценивать хозяйственную деятельность предприятий с учетом обоснованного изъятия дифференциальной ренты в государственный бюджет. Это позволит экономически заинтересовать водопотребителей в рациональном использовании и охране водных ресурсов, решить задачу выравнивания экономических условий хозяйствования на водотоках и водоемах, обладающих неравными потребительскими свойствами.

Теоретическое и практическое решение этих вопросов является содержанием последующих разделов настоящей работы.

Глава 2. Освоение и использование водных ресурсов с учетом взаимодействия природных и хозяйственных факторов

2

2.1. Взаимосвязь водотоков, водоемов и окружающих территорий

Сложная система взаимосвязи водотоков, водоемов и окружающих их территорий обусловлена тем положением, которое они занимают как естественная основа материального производства, тем значением, которое имеют они для развития производительных сил общества. В зависимости от отрасли материального производства, где они используются, водотоки, водоемы и прилегающие к ним территории одновременно могут являться необходимым условием производства (пространственным базисом размещения объектов народного хозяйства), основным средством производства и предметом труда (особенно в сельском хозяйстве), источником природных ресурсов (воды для сельскохозяйственных, промышленных и коммунальных нужд, полезных ископаемых и сырья, естественной растительной и животной продукции), местом обитания растительных и животных сообществ как элементов природной среды, местом отходов производства, местом рекреации.

Общая методологическая схема взаимосвязи реки (озера, искусственного водохранилища) и приречной территории помещена на рис. 2.1. При исследовании, оценке и принятии проектных (плановых) решений по хозяйственному использованию водотоков и водоемов как объектов природопользования авторами предлагается рассмотрение четырех групп связей: первая — связь водотоков и приречных территорий как элементов природной среды и как природных ресурсов; вторая — связь элементов природной среды и природных ресурсов водотока и приречной территории; третья — связь водотока как элемента природной среды и приречной территории как природного ресурса, связь приречной территории как элемента природной среды и водотока как природного ресурса; четвертая группа является интегрирующей, показывающей взаимообусловленность и зависимость трех предыдущих связей.

Системный подход к оценке взаимосвязи экологии и экономики обеспечит, по мнению авторов, объективную целенаправленную сознательную деятельность людей по управлению водным хозяйством страны, рациональному использованию и охране водных ресурсов. При этом необходимо учитывать следующие основные факторы, влияющие на качественные и количественные показатели рассмотренных связей в конкретном природно-экономическом

районе, где расположен объект природопользования: характер рельефа (равнинный, горный, переходный); гидрология водотока по сезонам года в характерные многоводные, средневодные, маловодные годы и за многолетний период; физико-химические и медико-биологические показатели качества воды; степень хозяйственной освоенности водотока и приречной территории; состав отраслей (объектов) «на воде» и «на суше»; мелиоративное состояние приречной территории; природоохранные требования Красной

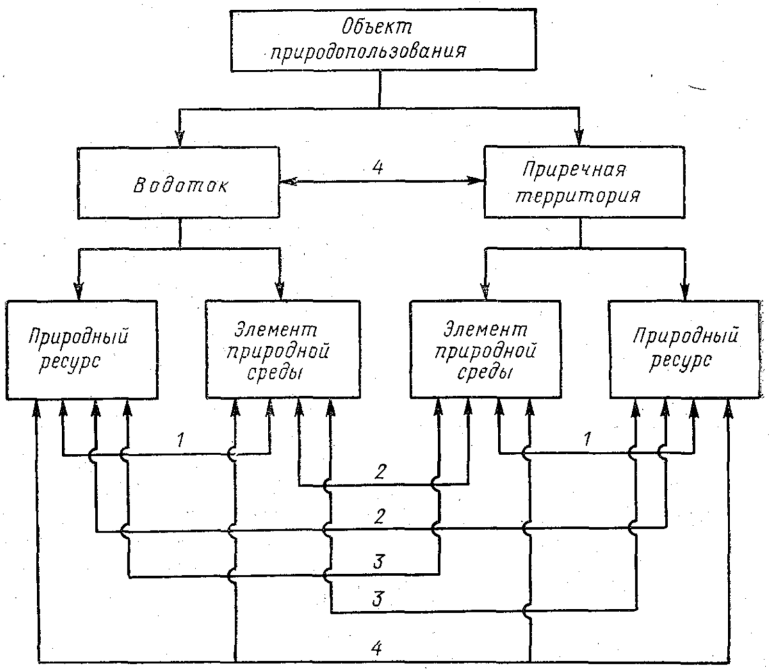


Рис. 2.1. Схема взаимосвязи водотока и приречной территории.

книги; наличие заповедных зон и заказников; естественные нерестилища рыб.

Первая группа взаимосвязей рассмотрена в разделе 1.1, она является исходной, характеризующей сложившееся соотношение водных и земельных фондов как элементов природной среды и природных ресурсов. На ее основе устанавливается степень существующего и возможного дальнейшего хозяйственного освоения водных и земельных фондов для различных производственных нужд, т. е. уровень урбанизации природной среды, предельно допустимые значения которого определяются нормативными природоохранными и социальными ограничениями. К числу последних относятся: минимальные и максимальные значения расходов и уровней воды в реке в различные периоды года расчетной обеспеченности; предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ (ПДК) в водотоках и водоемах; температура воды;

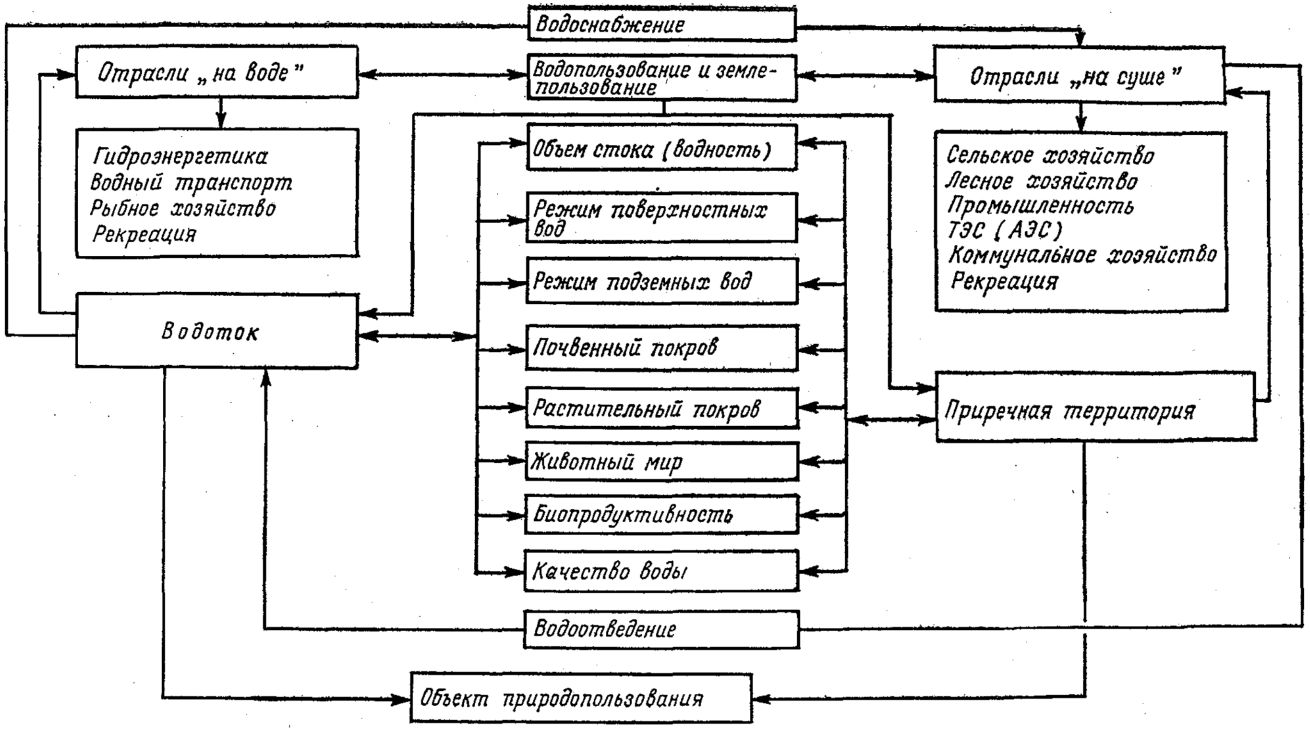


Рис. 2.2. Основные природные и экономические факторы, формирующиеся под воздействием водотоков и приречных территорий.

возможных состояния «естественного» равновесия: 1) природное, т. е. когда хозяйственная деятельность человека не коснулась района освоения водотока; 2) сложившееся на данном этапе развития общества при существующем антропогенном влиянии; 3) планируемое на определенный расчетный уровень (период) в связи с намечаемым первоначальным или дальнейшим хозяйственным освоением района (объекта природопользования). Необходимость сохранения равновесия должна учитываться при разработке экологических и социальных норм качества природной среды применительно к конкретному объекту природопользования (должны вводиться единые ограничения для всех участков водохозяйственного комплекса). При рассмотрении экономической полезности потребительских свойств водотоков и приречных территорий для отдельных отраслей и объектов должны быть установлены, с одной стороны, положительные и отрицательные природные и социально-экономические факторы, влияющие на потенциальную возможность развития данной отрасли и эффективность ее производства, с другой — влияние этой отрасли на снижение или повышение полезности потребительских свойств объекта природопользования для других отраслей народного хозяйства.

В конечном счете эта информация необходима для разработки экологически, социально и экономически обоснованных правил использования водных и земельных ресурсов, осуществляемой при проведении общей экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования в составе оптимального плана, а также при специальных видах оценочных работ для различных целей народного хозяйства. Этот вопрос рассматривается в следующих разделах книги.

Объективное существование единой для всех видов хозяйственной деятельности человека экологической и социальной полезности потребительских свойств водотоков и приречных территорий не означает отсутствия отрицательных факторов взаимодействия между человеком и природой (рис. 2.3, первая и пятая группы связей). Сложившаяся экосистема в пределах объекта природопользования характеризуется определенными свойствами, обусловливающими медико-биологические, производственные, продовольственные, рекреационные и эстетические условия жизни человека. Важно установить наличие действительно неблагоприятных для человека природных факторов (естественных или появившихся в результате урбанизации среды), «исправление» которых при соответствующих природоохранных мероприятиях не нарушит экосистему, не превысит ее запас прочности.

Решая этот вопрос, необходимо учитывать тесную связь социальных и экономических потребительских свойств водотоков и приречных территорий (рис. 2.3, вторая и шестая группы связей), ибо экономика предъявляет к объекту природопользования свои специфические отраслевые требования (рис. 2.3, третья и седьмая группы связей). В целом же степень экологической, социальной и экономической полезности и взаимообусловленности потребитель-

Таблица 2.1

Оценка влияния природных факторов на условия жизни людей и экономику объекта природопользования

Фактор	Условия жизни людей	Гидроэнергетика (ГЭС)	Водный транспорт	Рыбное хозяйство	Сельское хозяйство	Лесное хозяйство	Промышленность	Коммунальное хозяйство	Теплоэнергетика (ТЭС и АЭС)
Наибольшая водность в течение года:									
весной	+	+	+	+	+	+	0	0	0
летом	—	+	+	+	—/+	0	0	0	0
осенью	—	+	+	0	—	0	0	0	0
Весеннее половодье:									
длительное	—	+	+	+	—	—	0	0	0
умеренное	+	0	+	+	+	—	0	0	0
кратковременное	0	0	—	—	—	+	0	0	0
Летние меженные уровни:									
высокие	+	—	+	+	—/+	0/+	+	+	+
низкие	—	+	—	—	+/—	0/—	—	—	—
Вероятность прохождения максимальных расходов и уровней в течение года:									
в период весеннего половодья	+	+	+	+	+	+	0	0	0
летом	+	+	+	+	—	0	0	0	0
осенью	0	+	+	—	—	0	0	0	0
зимой	—	+	—	—	—	0	0	0	0
Летне-осенние наводнения	—	+	—	—	—	—	—	—	—

Фактор	Условия жизни людей	Гидроэнергетика (ГЭС)	Водный транспорт	Рыбное хозяйство	Сельское хозяйство	Лесное хозяйство	Промышленность	Коммунальное хозяйство	Теплоэнергетика (ТЭС и АЭС)
Твердый сток:									
высокий	—	—	0	+/—	0	0	—	—	—
низкий	+	+	0	+/—	0	0	+	+	+
Температура воды в период открытого русла									
высокая	+	0	0	+/—	0	0	0	0	—
низкая	—	0	0	+/—	0	0	0	0	+
Наличие естественных нерестилищ рыб	+	—	0	+	0/—	0/—	—	—	+/—
Подтопление территории со стороны водотоков и водоемов	—	—/+	0	0	—	—	—	—	0
Обезвоживание поймы	—	+	0	—	—	—	0	0	0
Отложение плодородного наилка на пойменных землях во время разливов рек и озер	0	—	0	+	+	+	0	0	0
Заливные луга	+	—	0	+	+	0	0	0	0
Высокое естественное плодородие пойменных земель	+	—	0	0	+	+	0	0	0
Водоохранение леса	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Виды растительного и животного мира, занесенные в Красную книгу	+	—	0	+	—	—	—	—	—
Избыточное переувлажнение земли	—	—/+	0	0	—	—	0	0	0
Наличие болот	+/—	0	0	0	—	—	0	0	0

Примечания: 1. Природные факторы: «+» положительные, «—» — отрицательные, «0» — нейтральные.— 2. В числителе и знаменателе дана оценка природного фактора, имеющего неоднозначное значение для отрасли (например, сельское хозяйство: числитель — зона избыточного увлажнения, знаменатель — районы орошаемого земледелия).

ских свойств водотоков и приречных территорий зависит от состава, мощности и размещения водопользователей, водопотребителей и землепользователей, а также от рекреационной нагрузки на природную среду (рис. 2.3, четвертая и восьмая группы связей).

В табл. 2.1 дана оценка основных природных факторов с точки зрения их влияния на условия жизни людей, функционирование и дальнейшее развитие отраслей народного хозяйства и «заинтересованности» этих отраслей в тех или иных количественных и качественных показателях состояния водотоков, водоемов и приречных территорий. Авторы не преследуют цель дать точную количественную оценку указанным выше связям (это можно установить только для конкретного водотока и приречной территории), а предлагают вниманию читателей методологический подход к установлению положительных и отрицательных природных и экономических факторов на основе выявления общей тенденции взаимосвязи экологии и экономии, к нахождению «болевых точек» этой взаимосвязи с целью последующей разработки природоохранных и хозяйственных требований (норм) при проектировании (планировании) освоения водных ресурсов.

Итак, рассматривая экономическую (отраслевую) полезность потребительских свойств водотоков, водоемов и приречных территорий в сложившемся естественном или освоенном их состоянии, положительными природными факторами следует считать те факторы, которые обеспечивают развитие отрасли и повышение экономической эффективности ее производства; отрицательными — факторы, накладывающие ограничения на производство или обусловливающие дополнительные единовременные и текущие затраты; нейтральными — факторы, которые в естественном состоянии или измененные в результате деятельности других отраслей не оказывают влияния на развитие данной отрасли, на увеличение единовременных и текущих затрат на производство продукции. Изложенное рассмотрим на примере отдельных природных факторов и отраслей народного хозяйства.

Как известно, гарантированный объем водных ресурсов необходим всем водопользователям и водопотребителям, и если этот фактор удовлетворяет соответствующие требования и обеспечивает функционирование системы в целом, то он, естественно, является положительным для отраслей (объектов) народного хозяйства. Недостаток водных ресурсов для функционирования и дальнейшего развития отраслей народного хозяйства является отрицательным природным фактором. Но если в условиях дефицита водных ресурсов при развитии производительных сил на базе конкретных водотоков и водоемов не учитываются природоохранные ограничения (как для общего объема водопотребления за год, так и по отдельным периодам), то появляются отрицательные экономические факторы для природной среды вследствие возможного истощения водных ресурсов.

Указанное обусловливает необходимость решения важной и сложной задачи по определению оптимального состава водопользователей и водопотребителей и распределения между ними потребляемого объема стока с учетом потери воды в процессе производства и загрязнения водоисточников промышленными, сельскохозяйственными и коммунальными стоками, т. е. требуется решение экономической задачи с учетом охраны природы в составе оптимального плана.

Распределение стока по сезонам года, длительность прохождения весеннего половодья, высота летних меженных уровней, обеспеченность расходов и уровней в различные периоды года имеют важное и неравнозначное значение для разных водопользователей, водопотребителей и землепользователей. Причем, как правило, для водопользователей (например, водный транспорт) положительными природными факторами являются повышенная водность в любой период года, длительное половодье, высокие меженные уровни. Водопотребители, требующие постоянного и равномерного обеспечения водой в течение всего года, например, предприятия, населенные пункты, размещаются с учетом указанных объективных факторов, как бы вписываясь в естественный режим водотоков и водоемов.

Особое положение занимает сельское хозяйство, где, как известно, земля является основным средством производства, а ее использование и продуктивность зависят от условий затопления и подтопления. Здесь важное значение имеет соответствие календарных сроков, продолжительности и частоты (обеспеченности) затопления поймы в период весеннего половодья агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур, включая формирование и развитие естественных лугов и пастбищ. При этом, в зависимости от того в какой зоне находится объект природопользования — в избыточно увлажненной или засушливой, повышенная или пониженная водность в летний период может быть соответственно отрицательным или положительным природным фактором.

Для всех отраслей народного хозяйства, кроме гидроэнергетики, летне-осенние наводнения, причиняющие огромный материальный и моральный ущерб и сдерживающие развитие производительных сил, являются отрицательным природным фактором. К числу основных мероприятий по борьбе с наводнениями относится регулирование стока рек путем строительства комплексных гидроузлов с аккумулирующими водохранилищами. Именно это обстоятельство в значительной степени предопределило строительство высокоэффективных комплексных гидроузлов на реках Зее и Буреe в Амурской области.

Для большинства водопользователей и водопотребителей наличие естественных нерестилищ, особенно ценных пород проходных и полупроходных рыб, является существенным природным фактором, ограничивающим хозяйственное освоение водных ресурсов или вызывающим дополнительные единовременные и текущие за-

траты, связанные с размещением, строительством и эксплуатацией объектов (очистные, рыбопропускные и другие сооружения и рыбоохранные мероприятия).

Природные факторы, обусловливающие мелиоративное состояние и биопродуктивность приречных территорий, затрагивают главным образом интересы сельского и лесного хозяйств и являются, как правило, нейтральными для других водопользователей и водопотребителей, за исключением гидроэнергетики. Последняя, в результате создания водохранилищ и изменения водного режима в нижних бьефах гидроузлов, может вносить существенные изменения в экологию и хозяйство приречных территорий. В связи с отмеченным этому вопросу посвящены специальные разделы книги.

Виды растительного и животного мира, занесенные в Красную книгу или охраняемые путем создания заповедных зон и заказников, с позиции отраслевой (экономической) полезности потребительских свойств водотоков, водоемов и приречных территорий являются безусловным ограничителем для хозяйственного освоения объекта природопользования.

В заключение анализа данных табл. 2.1 подчеркнем, что природные факторы, отмеченные как положительные для условий жизни людей (социальная полезность потребительских свойств объекта природопользования), полностью коррелируют с требованиями экологии, охраны природной среды при ее разумном рекреационном использовании.

К числу возможных негативных экономических факторов, учитываемых при установлении предельно допустимых хозяйственных и селитебных нагрузок на экосистему водотоков и водоемов как объектов природопользования относятся следующие: многолетнее, сезонное, месячное, недельное и суточное перерегулирование стока; изменение температуры воды; снижение твердого стока в нижних бьефах гидроузлов; нарушение миграции проходных и полупроходных рыб; затопление, подтопление, обезвоживание поймы; снижение отложения плодородного наилка на пойме в период паводков в связи с аккумуляцией его в водохранилищах; изъятие земель под водохранилища и другие объекты народного хозяйства; расчистки и спрямления русел рек, сброс загрязняющих веществ при воднотранспортном освоении водотоков и водоемов; безвозвратные заборы воды для орошения и обводнения земель, для животноводческих комплексов и других нужд сельского хозяйства; поступление возвратных вод с орошаемых полей, загрязненных ядохимикатами и удобрениями; смывы с пахотных земель удобрений и пестицидов; осушение болот, сельскохозяйственное освоение залесенных и закустаренных земель; трансформация естественной луговой растительности на искусственно созданную для кормовой базы животноводства; лесосплав; включение водотоков и водоемов в систему технического водоснабжения промышленных предприятий, безвозвратные заборы воды и сброс сточных вод.

2.3. Природоохранные и хозяйственные требования к освоению водных ресурсов

Планирование освоения водных ресурсов должно осуществляться с учетом нормативных требований к водотокам и водоемам как объектам природопользования в данном природно-экономическом районе страны. Эти требования подразделяются на две взаимосвязанные группы: природоохранные и хозяйственные. В свою очередь природоохранные требования разделяются на две подгруппы: требования, характеризующие предельно допустимые изменения в жизни водотоков и водоемов, и требования, характеризующие предельно допустимые изменения в земельном фонде территорий, связанных с водным режимом рек, озер и искусственных водохранилищ. Хозяйственные требования обусловливаются составом участников водохозяйственного комплекса (ВХК) и определяются по отдельным водопользователям и водопотребителям с целью последующей увязки в составе оптимального плана.

Для разработки указанных требований важное методологическое и практическое значение имеет определение понятия качества водотока (подчеркнем — не воды) как с позиции экологии, так и с позиции экономики. Качество водотока (водоема) как элемента природной среды характеризуется определенными гидрологическими (режим и объем стока), физико-химическими и медико-биологическими свойствами. Качество водотока как природного ресурса определяется его способностью удовлетворять потребности водопользователей и водопотребителей в определенном размере безвозвратного отъема воды, режиме расходов и уровней и, наконец, качестве воды.

Согласно «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» [136] водоемы и водотоки считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и бытового использования населением и стали частично или полностью непригодными для одного из видов водопользования.

Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества вследствие изменения органолептических свойств и появления вредных веществ для человека, животных, птиц, рыб, кормовых и промысловых организмов, а также повышение температуры воды, изменяющей условия для нормальной жизнедеятельности водных организмов.

Наиболее высокие требования к качеству воды предъявляют рыбное хозяйство, хозяйственно-питьевое, культурно-бытовое водопользование и водопотребление. Соблюдение требований обеспечивает нормальное (нормативное) экологическое, социальное и экономическое состояние водных объектов, т. е. эти требования в значительной степени являются общими для всех водопользователей и водопотребителей. Исключение составляют только немногие отрасли промышленности, технология производства которых

Таблица 2.2

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов [136]

<table>
<tr><th rowspan="2">Показатели состава и свойств воды</th><th colspan="4">Категория водопользования</th></tr>
<tr><th>для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий</th><th>для купания, спорта, отдыха населения, а также для водоемов и водотоков в черте населенных мест</th><th>для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду</th><th>для всех других рыбохозяйственных целей</th></tr>
<tr><td>Взвешенные вещества</td><td colspan="4">Содержание взвешенных веществ (мг/л) не должно увеличиваться больше, чем на:
0,25 | 0,75 | 0,25 | 0,75
Для водоемов (водотоков), содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5 %
Запрещается сброс сточных вод, содержащих частицы, скорость выпадения которых более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ</td></tr>
<tr><td>Плавающие примеси (вещества)</td><td colspan="4">Не должны обнаруживаться плавающие пленки и пятна нефтепродуктов, жиров, минеральных масел и скопление других примесей</td></tr>
<tr><td>Запахи, привкусы</td><td colspan="2">Вода не должна приобретать запах и привкусы интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемых:
непосредственно или при последующем хлорировании | непосредственно
Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыб</td><td colspan="2">Вода не должна приобретать посторонних запахов и привкусов и сообщать их мясу рыб</td></tr>
<tr><td>Окраска</td><td colspan="2">Не должна обнаруживаться в столбике:
20-см | 10-см</td><td colspan="2">Вода не должна приобретать посторонней окраски и передавать ее мясу рыб</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th rowspan="2">Показатели состава и свойств воды</th><th colspan="4">Категория водопользования</th></tr>
<tr><th>для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий</th><th>для купания, спорта, отдыха населения, а также для водоемов и водотоков в черте населенных мест</th><th>для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду</th><th>для всех других рыбохозяйственных целей</th></tr>
<tr><td>Температура</td><td colspan="2">Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению с среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет</td><td colspan="2">Температура воды не должна повышаться по сравнению с естественной более чем на 5 °С; в целом температура не должна превышать 20 °С летом и 5 °С зимой для водоемов и водотоков, в которых обитают холодноводные рыбы (лососевые, сиговые), и 28 °С летом и 8 °С зимой для остальных водных объектов. На местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более чем до 2 °С</td></tr>
<tr><td>Реакция pH</td><td colspan="4">6,5—8,5</td></tr>
<tr><td>Минеральный состав</td><td>Содержание сухого остатка не должно превышать 1000 мг/л, в том числе хлоридов — 350 мг/л, сульфатов — 500 мг/л</td><td colspan="3">Нормируется по приведенному показателю «привкусы»</td></tr>
<tr><td>Растворенный кислород</td><td colspan="2" rowspan="2">Не менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня</td><td colspan="2">В зимний (подледный) период не ниже:
6,0 мг/л | 4,0 мг/л
В летний (открытый) период — не ниже 6,0 мг/л в пробе, отобранной до 12 ч дня</td></tr>
</table>

Показатели состава и свойств воды	Категория водопользования			
	для хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоснабжения пищевых предприятий	для купания, спорта, отдыха населения, а также для водоемов и водотоков в черте населенных мест	для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду	для всех других рыбохозяйственных целей
Биохимическая потребность в кислороде (БПК)	Полная БПК при 20 °С не должна превышать:			
	3,0 мг/л	6,0 мг/л	3,0 мг/л	3,0 мг/л
			При снижении содержания растворенного кислорода в зимний период до:	
			6,0 мг/л	4,0 мг/л
			допускается сброс только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды	
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний; сточные воды, содержащие возбудителей заболеваний, должны подвергаться обеззараживанию после соответствующей очистки			
Токсичные вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК			

требует воду особого качества, что достигается созданием специальных установок.

Социальным (гигиеническим) критерием качества воды является соответствие ее физиологическим потребностям человека, ее безвредность и безопасность для здоровья. В качестве экологического критерия качества воды принято обеспечение условий для сохранения и воспроизводства рыб, как своеобразного индикатора животного и растительного мира. Исходя из этих критериев, в [136] установлены общие для всех водопользователей и водопотребителей нормативные требования к составу и свойствам воды водных объектов, которые должны строго учитываться при разработке технологических схем очистки сточных вод и предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ (табл. 2.2.).

Критерием содержания в воде загрязняющих веществ является предельно допустимая концентрация. Предельно допустимые концентрации (ПДК) являются верхними (максимальными) границами концентрации токсичных веществ, которые допускаются в водотоках и водоемах.

Однако следует иметь в виду, что в индустриальных районах сброс в водотоки и водоемы одновременно многих видов токсичных веществ с одинаковыми значениями лимитирующего загрязнение показателя даже при соблюдении ПДК может привести к неблагоприятным последствиям из-за суммарного комбинированного действия этих веществ. Поэтому при осуществлении предупредительного санитарного надзора значение ПДК каждого вещества, входящего в комплекс сбросов, должно быть уменьшено во столько раз, сколько видов загрязняющих веществ с одинаковыми значениями лимитирующих показателей предполагается к сбросу со сточными водами, с учетом вредных примесей, поступающих от вышерасположенных выпусков. Это требование обеспечивается соблюдением условия:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \ldots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} < 1,$$

где C_1, C_2, ..., C_n — значения концентрации каждого вещества в водном объекте; ПДК_1, ПДК_2, ..., ПДК_n — соответствующие предельно допустимые концентрации для каждого из веществ.

В СССР имеются два стандарта ПДК, ограничивающие загрязнение поверхностных вод по ряду показателей (табл. 2.3).

В санитарно-гигиеническом установлении ПДК самым чувствительным является органолептический лимитирующий показатель вредности, по которому установлено более 50 % ПДК, а в рыбохозяйственном — токсикологический (дает около 70 % ПДК). Общим недостатком санитарно-гигиенических ПДК является то, что они не учитывают влияние токсичного вещества на такие функции организма, как размножение, плодовитость, качество потомства и т. п. Более жесткими в этом отношении являются ПДК для рыбохозяйственных водотоков и водоемов, так как они содержат повышенные требования к качеству воды. Однако этих ПДК раз-

Таблица 2.3

ПДК загрязняющих веществ в воде водных объектов [136]

Лимитирующий загрязнение показатель	Водопользование			
	Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое		Рыбохозяйственное	
	количество ингредиентов	%	количество ингредиентов	%
Органолептический	214	51,0	14	16,9
Общесанитарный	58	13,8	2	2,4
Санитарно-токсикологический	148	35,2	6	7,2
Токсикологический	—	—	58	69,9
Рыбохозяйственный	—	—	3	3,6
Всего ПДК	420	100	83	100

работано сравнительно мало и на практике чаще пользуются санитарно-гигиеническими ПДК. В то же время известно, что большинство водотоков и водоемов используются как для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых, так и для рыбохозяйственных нужд.

В целях дополнительной охраны водных объектов от загрязнения и рационального использования собственно сточных вод Правилами [136] запрещается сбрасывать сточные воды:

а) которые могут быть устранены путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения или устройства бессточных производств;

б) содержащие ценные отходы, которые могут быть утилизированы на данном или на других предприятиях;

в) содержащие производственное сырье, реагенты, полупродукты и конечные продукты производств в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;

г) содержащие вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации;

д) которые с учетом их состава и местных условий могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве при соблюдении санитарных требований.

Минводхозом СССР разработаны «Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами» [111].

ПДС с учетом общих требований к составу и свойствам воды (табл. 2.2) в водных объектах определяется для всех категорий водопользования по формуле [111]:

$$\text{ПДС} = q_{\text{ст}} C_{\text{ст}},$$

где $q_{\text{ст}}$ (м³/ч) — расход сточных вод; $C_{\text{ст}}$ (г/м³) концентрация вещества в сточных водах.

При этом в качестве норматива установлено, что в черте населенных пунктов $C_{ст} \leqslant$ ПДК, а в остальных случаях $C_{ст}$ определяется по известным методам расчета разбавления сточных вод водой водного объекта с учетом качества воды выше места сброса сточных вод и процессов естественного самоочищения [162].

Следует отметить, что расчеты степени смешения и разбавления сточных вод привязываются к так называемым расчетным (контрольным) створам, не охватывают весь водный объект и поэтому не вполне объективны. Кроме того, процесс самоочищения вод и его закономерности в условиях районов, где расположены водные объекты, недостаточно изучены. В связи с этим, а также учитывая действительное положение с загрязнением рек и озер, авторы считают, что пришла пора относить значения ПДК к сточным водам на выходе в водоем или водоток, а не к воде водных объектов. Только при таком порядке контроля охрана рек, озер и искусственных водохранилищ с помощью системы ПДК будет эффективной. Ассимилирующая способность при этом будет служить резервом охраны вод от загрязнения.

Отмеченное в первую очередь относится к водотокам и водоемам рыбохозяйственного значения, где расположены нерестилища ценных проходных и полупроходных рыб.

Проблема обеспечения хорошего качества (состояния) водотоков и водоемов, поддержания их жизнедеятельности тесно связана с гидрологическим режимом, характеризующимся определенными расходами и уровнями воды в течение года. Деятельность человека не должна быть причиной нарушений в цепи биологических, почвообразовательных, геоморфологических, гидрохимических, ботанических и других природных процессов и связей, сложившихся в русле и долине реки. Должно быть сохранено значение реки как важнейшего компонента ландшафта для удовлетворения культурно-бытовых и эстетических потребностей людей. Основная задача заключается в определении предельно допустимого минимума расходов и уровней, а также их режима в характерные маловодные, средневодные и многоводные годы.

Для решения этой задачи необходимо установить значение предельно допустимого безвозвратного отъема стока в годы различной водности для нужд отраслей (объектов) народного хозяйства, в частности, при переброске воды в другие бассейны (районы). В данном случае имеются в виду не санитарные расходы и уровни водных объектов, в основу расчетов которых, как известно, положено обеспечение качества воды при заданных расходах сточных вод и концентрациях загрязняющих веществ в них с учетом смешения и разбавления сточных вод, а также ассимилирующей способности водных источников. Необходимо установление нормативных природоохранных водных режимов рек, озер и искусственных водохранилищ, учитывающих не только качество воды, но и сохранение площади естественных нерестилищ, влагозарядку пойменных земель и отложение плодородного наикла на них в период паводков, режим грунтовых вод в долинах рек и

озер, недопущение возникновения процессов отмирания и гниения береговой растительности, замора рыб зимой, эвтрофикации и развития водорослей.

Таким образом, задача заключается в установлении расчетных (нормативных) природоохранных гидрографов для характерных маловодных, средневодных и многоводных лет. В общем виде решение этой задачи можно представить следующим образом:

$$Q_{по} = Q_{ест} - \sum_{i=1}^{m} Q_x K_{по},$$

где $Q_{по}$ — природоохранный расход в контрольных створах (водопостах); $Q_{ест}$ — естественный расход; Q_x — требуемый расход для безвозвратного водопотребления (хозяйственный расход); $K_{по} \leqslant \leqslant 1$ — коэффициент, учитывающий природоохранные ограничения на забор воды; m — количество водопотребителей, для каждого из которых $K_{по}$ определяется дифференцированно в зависимости от водности года и его отдельных периодов.

Истощение и загрязнение природных вод не только отрицательно сказывается на жизни водотоков и водоемов, но и противоречит принципам рационального использования водных ресурсов в хозяйственной деятельности человека. Нормативные природоохранные гидрографы, разработанные с учетом природных и хозяйственных особенностей конкретных водотоков и водоемов, должны включаться в водохозяйственные и экономические расчеты. В настоящее время таких нормативов не существует, но, как показывают исследования [35], в основу установления природоохранных водных режимов водотоков и водоемов должны быть положены требования сохранения естественных условий воспроизводства рыб. При этом предельно допустимыми минимальными расходами и уровнями следует принять такие, которые соответствуют характерному маловодному году 95 %-ной обеспеченности с учетом удовлетворения хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд населения. Это требование не противоречит «Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», его соблюдение может быть обеспечено путем регулирования стока рек гидроузлами.

Исследования, проведенные авторами в связи с проектированием и строительством крупных комплексных гидроузлов [37], показывают, что для лет, характеризующихся большей водностью, т. е. при их обеспеченности менее 95 %, расчетные гидрографы удовлетворяют требованиям сельского хозяйства по использованию пойменных земель, особенно естественных заливных лугов.

Для районов достаточного увлажнения, в частности, для северо-западных районов европейской части страны установлены следующие основные требования к водному режиму водотоков и водоемов, которые необходимо учитывать при сельскохозяйственном использовании и освоении пойменных земель и при назначении режимов регулирования стока гидроузлами комплексного назначения:

оптимальным сроком ежегодного затопления естественных лугов в весенний период является трехнедельный срок после перехода температуры воздуха через + 5 °С;

максимально допустимая продолжительность весеннего затопления при повторяемости затопления не чаще 1 раза в 4 года, которую выдерживают долголетние культурные пастбища, искусственные и улучшенные сенокосы (при соответствующем подборе травосмесей), составляет 20—25 сут;

в исключительных случаях вероятностью 10 % и менее весеннее затопление пашни и культурных сенокосов с бобовыми травосмесями может составлять 5—10 сут;

для создания оптимального водно-воздушного режима почв уровни воды в реке должны быть ниже поверхности пойменных земель не менее, чем на 1,0—1,5 м, что обеспечивает стояние уровней грунтовых вод на глубине, не превышающей 0,5—0,6 м от дневной поверхности;

для земель, требующих осушительных мелиораций, необходимо после затопления поймы на оптимальный срок как можно более быстро и плавно снизить горизонты воды в реке до меженных уровней;

меженные уровни должны быть на 1,5—2,0 м ниже отметок территории при осушении открытой сетью и на 2,0—3,0 м ниже — при осушении закрытым дренажом;

для сельскохозяйственного освоения заболоченных пойменных земель необходимо максимально возможное снижение существующих меженных уровней;

во всех случаях летнее, осеннее и зимнее затопление поймы не допускается.

Природоохранные требования к земельному фонду территорий, связанных с водным режимом рек, озер и водохранилищ, заключаются в установлении предельно допустимого хозяйственного освоения земель и оптимального соотношения различных видов земельных угодий. Эти требования в каждом конкретном случае определяются проектом, но с обязательным сохранением водоохранных лесов, заповедных зон и заказников, отдельных представителей растительного и животного мира, занесенных в Красную книгу, а также мест рекреации.

2.4. Регулирование стока рек и его эколого-экономические последствия

Повышение водообеспеченности требует регулирования стока рек путем строительства комплексных гидроузлов, что является сложной и не всегда разрешимой технической и эколого-экономической задачей.

Как известно, естественный режим любой реки имеет определенную зарегулированность, которая распространяется как на внутригодовые, так и на многолетние колебания уровней. От внутригодовой и многолетней неравномерности зависят размеры

необходимой полезной емкости водохранилищ, требуемые для достижения того или иного уровня зарегулированности стока.

Естественный режим стока формируется под влиянием сложного взаимодействия климата, факторов географического ландшафта и переходящих запасов влаги в водосборе. Суммарное влияние этих факторов на внутригодовое распределение стока характеризуется такими показателями как доля стока за отдельные сезоны, месяцы в общегодовом стоке, коэффициент внутригодовой зарегулированности φ [161], коэффициент внутригодовой неравномерности $d = 1 - \varphi$ [11].

Коэффициент φ дает наглядное представление о возможной доле использования годового стока при отсутствии водохранилищ, а коэффициент d выражает дефицит стока, который может быть отождествлен с потребной полезной емкостью водохранилищ для внутригодового зарегулирования стока до среднего годового расхода.

В исследовании [17] установлено, что на численное значение этих коэффициентов большое влияние оказывают площадь водосбора, озерность, лесистость, заболоченность, типы почв, карстующиеся породы и другие факторы. Указанные факторы изменяются по широте и долготе, а также с высотой местности, что обусловливает, например, для средних и малых рек Европейской территории страны широкий диапазон показателей φ и d. Коэффициент внутригодовой зарегулированности на ЕТС изменяется от $\varphi = 0{,}73$ до $\varphi = 0{,}11$. Пониженные значения φ характерны для заболоченных низменностей (например, в Белорусском Полесье, Мещере и др.) и районов засушливой зоны (например, для рек полупустынной Прикаспийской низменности).

В работах [17, 43] установлено, что для полного внутригодового выравнивания стока на средних и малых реках с высокой естественной зарегулированностью требуются сравнительно небольшие полезные объемы водохранилищ (20—30 % годового стока), в то время как на реках с низкой естественной зарегулированностью полезные объемы должны составлять 80—100 % годового стока.

Для крупных рек характерна более высокая степень естественной внутригодовой зарегулированности стока, чем для средних и малых, что обусловливает относительно меньшие полезные объемы (30—40 % годового стока). Это объясняется большими размерами водосборных площадей, отдельные части которых вследствие различия в физико-географических условиях неодновременно сбрасывают воду в главное русло, хотя и в этом случае внутригодовые режимы стока на различных реках существенно различаются. Абсолютные же размеры необходимых объемов для внутригодового зарегулирования стока крупных рек, разумеется, более значительны, чем для внутригодового выравнивания стока средних и тем более малых рек.

Подчеркнем, что внутригодовое регулирование стока рек для повышения водоотдачи влечет за собой затопление и подтопление

значительных площадей приречных территорий и изменение их водного режима в нижних бьефах гидроузлов. Еще бóльшие сложности вызывает многолетнее регулирование, возможность осуществления которого зависит от особенностей многолетних колебаний стока. Основными характеристиками этих колебаний, как известно, служат критерий изменчивости, представляемый коэффициентом C_v, и характер чередования лет различной водности.

Показателем степени зарегулированности стока водохранилищами является общепринятый коэффициент регулирования α, представляющий собой отношение зарегулированного расхода к среднемноголетнему в естественных условиях.

Достигнутая в настоящее время степень зарегулированности стока рек по отдельным бассейнам морей и страны в целом характеризуется показателями табл. 2.4, где приведены данные для 205 водохранилищ полезным объемом ($V_п$) более 50 млн м^3 при площади затопления ($S_з$) более 1 тыс. га каждое [17, 98]. Удельный вес этих водохранилищ по суммарному объему полезной емкости ($\sum V_п$) и площади затопления ($\sum S_з$) составляет соответственно 99 % и 97,5 % от аналогичных показателей всех водохранилищ страны.

Данные табл. 2.4 свидетельствуют о том, что коэффициент регулирования рек по отдельным бассейнам колеблется от 0,62 до 0,90, а в среднем составляет 0,79. Расчеты показывают [17], что для достижения практически полного выравнивания стока ($\alpha = 0{,}95$) в бассейнах рек, где расположены рассмотренные 205 водохранилищ, потребуется дополнительно построить водохранилища, обеспечивающие увеличение суммарной полезной емкости в 2,5—3,0 раза, что на многих реках нереально по техническим, экологическим и экономическим условиям. Можно предположить, что если при суммарной полезной емкости 400 км^3 указанными водохранилищами затоплено 5,6 млн га земель, то при $\sum V_п = 1100$ км^3 эта площадь составит более 15 млн га.

Строительство гидроузлов и создание водохранилищ связано с решением комплекса организационных, технических, экономических, социальных и экологических проблем, обусловленных затоплением и подтоплением приречных территорий, берегопереработкой, изменением водного режима рек в нижних бьефах гидроузлов, отводом земель под строительные площадки, созданием новой инфраструктуры районов. Мы уже отмечали, что во всех природно-экономических районах страны реки являются теми жизненными артериями, вокруг которых издавна создавались промышленные центры и развивалось сельское хозяйство.

К числу основных последствий регулирования стока рек гидроузлами, оказывающих положительное или отрицательное влияние на хозяйство и природу, относятся следующие:

изъятие земель под водохранилища и строительные площадки для возведения основных сооружений гидроузла, создания стройбазы и переустройства объектов народного хозяйства, выносимых

Таблица 2.4

Характеристика зарегулированности стока рек СССР по бассейнам морей

Бассейн морей	Количество водохранилищ	Объем полезный $V_п$, км³	Площадь затопления $S_з$, тыс. га	Объем годового стока на замыкающем (нижнем) створе рек $Q_г$, км³	Удельный показатель затопления земель $k_з = \frac{S_з}{V_п}$, тыс. га/км³	Коэффициент емкости $k_{емк} = \frac{V_п}{Q_г}$	Годовая отдача $Q_{г.о}$, км³	Коэффициент регулирования $\alpha = \frac{Q_{г.о}}{Q_г}$
Балтийского	26	20,09	235,2	92,04	11,4	0,22	57,0	0,62
Белого и Баренцева	25	30,29	216,9	44,83	7,0	0,68	38,6	0,86
Каспийского	59	96,14	1999,6	272,64	20,7	0,35	202,0	0,74
В том числе бассейн Волги	40	82,95	1846,1	251,00	22,2	0,33	183,0	0,73
Волжско-Камский каскад	9	78,23	1736,0	251,00	22,2	0,31	181,0	0,72
Черного	32	33,56	1031,6	80,56	30,1	0,42	56,3	0,70
В том числе Днепровский каскад	5	18,04	613,4	52,20	34,0	0,34	34,8	0,67
Карского	23	180,46	1526,9	271,66	8,4	0,66	244,0	0,90
В том числе бассейн Енисея—Ангары	4	142,35	1042,4	197,55	7,3	0,72	176,0	0,89
Лаптевых	3	17,69	197,2	25,86	11,0	0,69	20,2	0,78
Бессточные области	36	21,83	423,7	45,60	19,1	0,48	37,8	0,83
В том числе Аральского моря	11	10,12	161,5	25,54	15,9	0,40	20,2	0,79
Всего	205	400,06 *	5628,1	833,19	14,0	0,48	655,9	0,79

* Полный объем водохранилищ составляет 824,1 км³.

из зоны затопления, а также в связи с берегопереработкой и подтоплением территории выше критического уровня;

ухудшение мелиоративного состояния земель в связи с подтоплением водохранилищами;

увеличение продолжительности затопления земель в верхнем бьефе гидроузлов, особенно в хвостовой части водохранилищ в связи с подпором стока реки;

сокращение частоты (вероятности) и продолжительности затопления пойменных земель в период весеннего половодья на участке, расположенном в нижнем бьефе гидроузла;

уменьшение отложения плодородного наилка на пойменные земли вследствие его оседания в водохранилищах;

полная или частичная ликвидация летне-осенних наводнений;

увеличение или сокращение объема воды в весенне-летний период для целей орошения земель при водозаборе в нижнем бьефе гидроузла;

создание условий для самотечного орошения при заборе воды из водохранилища;

повышение зимних уровней реки в нижних бьефах ГЭС, вызывающее затопление и подтопление приречных территорий и образование на них наледи;

изменение условий судоходства и отстоя судов в межнавигационный период;

изменение условий эксплуатации жилищных, коммунально-бытовых, промышленных предприятий, водозаборных сооружений, выпусков сточных вод и других объектов вследствие повышения или снижения расходов и уровней воды в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов;

ухудшение условий миграции и воспроизводства проходных и полупроходных рыб; сокращение площади естественных нерестилищ;

изменение санитарного состояния реки, физико-химических и медико-биологических свойств воды;

изменение климатических и ландшафтных условий.

По данным Кадастра водохранилищ СССР (объемом более 1 млн м^3), составленного в ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева [97], в настоящее время затоплено около 6,0 млн га приречных территорий, на которых были расположены 3,0 млн га сельскохозяйственных угодий, пять тысяч сельских и 160 городских и поселковых населенных пунктов с общей численностью населения более одного миллиона человек. В зону затопления попало около 1 тыс. км железных и 5 тыс. км автомобильных дорог, 1200 промышленных предприятий и других объектов народного хозяйства. Водохранилища создали новые условия судоходства на протяжении более 12 тыс. км, изменили условия для рыбного хозяйства на водоемах, составляющих примерно 10 % (по площади зеркала) внутренних рыбоводных водоемов страны.

Из-за подтопления и берегопереработки в приречных районах изъята из хозяйственного использования территории, равная 15 %

площади, затопленной водохранилищами, территория отведенная под строительные площадки, составляет не менее 10 %.

Под воздействием изменения водного режима рек в нижних бьефах гидроузлов находится площадь, по размерам сопоставимая с затопленной водохранилищами территорией, а во многих случаях превышающая ее. Так, например, водохранилища Камского и Воткинского гидроузлов занимают соответственно 165 и 92 тыс. га, а в нижнем бьефе этих гидроузлов под воздействием изменения водного режима реки оказалась территория площадью 165,5 тыс. га (от створа Воткинской ГЭС до границы выклинивания подпора р. Камы водохранилищем Волжской ГЭС им. В. И. Ленина). При этом указанными водохранилищами было затоплено 65 тыс. га естественных лугов, а в нижнем бьефе произошло снижение продуктивности лугов на площади 96 тыс. га (последние в настоящее время затоплены Нижнекамским водохранилищем). Другой пример: под водохранилище Зейской ГЭС отведено 229,5 тыс. га земель, в том числе сельскохозяйственных угодий 3,9 тыс. га, но в результате резкого снижения частоты и силы наводнений были созданы условия для дальнейшего развития производительных сил в десяти приречных административных районах, где сосредоточено более 80 % сельскохозяйственного производства Амурской области. Увеличилась социально-экономическая ценность земельного фонда в нижнем бьефе Зейского гидроузла на территории около 400 тыс. га [169].

Следует отметить, что под водохранилища изъято всего 6 % общей площади сельскохозяйственных угодий, занятых в стране под капитальное строительство за последние 60 лет [97, 169]. Но особая острота проблемы создания водохранилищ обусловлена значительными размерами разовых отчуждений территорий. Так, максимальный отвод земли под наиболее значительное по размерам Куйбышевское водохранилище составил 277 тыс. га; среднее значение этого показателя для 205 важнейших водохранилищ — 15 тыс. га, что соответствует размеру отвода земель под самые крупные машиностроительные предприятия, создаваемые за последние годы в стране.

Стоимость мероприятий по предупреждению или компенсации отрицательных последствий в хозяйстве и природе в среднем для ГЭС составляет около 20 % общей сметной стоимости и имеет тенденцию к повышению в ближайшие годы в 1,5—2 раза. Например, стоимость создания водохранилища Нижнекамской ГЭС немного меньше стоимости основных сооружений гидроузла. Рост стоимости создания водохранилищ обусловлен возрастанием природоохранных ограничений и требований к охране водных и земельных ресурсов страны при размещении, строительстве и эксплуатации объектов народного хозяйства.

При увеличении абсолютных показателей стоимости подготовки водохранилищ в СССР отмечается тенденция к повышению эффективности использования водохранилищ гидроэнергетикой. Об этом свидетельствует снижение площади затопления для создания

полезного объема водохранилищ, увеличение выработки электроэнергии с единицы затопленной площади и полезного объема (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Удельные показатели по водохранилищам СССР [99]

Показатели	Водохранилища		
	действующие до 1971 г.	вновь вводимые и проектируемые	
		1871—1990 гг.	1991—2000 гг. (прогноз)
Затопляемая площадь для создания полезного объема, тыс. га/км³	14	10—12	8
Площадь водохранилища для выработки электроэнергии, га/(млн кВт·ч)	44	14—15	12
Выработка электроэнергии с единицы полезного объема водохранилища, млн кВт·ч/км³	320	650—850	700

В заключение отметим, что объективное обоснование освоения водных ресурсов тесно связано с проблемой социально-экономической оценки отчуждений в хозяйстве и природе, т. е. с оценкой отрицательных последствий, антропогенных воздействий. В связи с тем что проблема отчуждений до настоящего времени не получила общепризнанного теоретического, методологического и практического решения, этому вопросу посвящена специальная глава книги.

2.5. Назначение и классификация мероприятий по освоению водных ресурсов

Недостаточная изученность водотоков и водоемов как объектов природопользования является основной причиной того, что до сих пор при принятии решений по освоению водных ресурсов не уделяется должного внимания разработке специальных мероприятий, направленных не только на устранение негативных явлений в хозяйстве и природе, но и на создание благоприятных условий путем ликвидации (ослабления) действия отрицательных и усиления положительных природных и экономических факторов. Это приводило и приводит к ряду нежелательных последствий, выявляющихся в большинстве случаев только в процессе эксплуатации объектов.

Поддержание качества водотоков и водоемов как объектов природопользования должно обеспечиваться осуществлением комплекса взаимоувязанных, экологически и экономически обоснованных мероприятий. Назначение мероприятий, определение их со-

става и размера производится с учетом специфических особенностей объекта природопользования (сложившейся экосистемы, существующего и планируемого производства в отдельных отраслях народного хозяйства). Первоначальным этапом для принятия решения по освоению водных ресурсов является установление экологических и социальных норм качества объекта природопользования (безусловных природоохранных и социальных ограничений). Все без исключения мероприятия должны быть направлены на решение проблемы управления свойствами водотоков и водоемов как объектов природопользования, включая управление качеством воды.

На рис. 2.4 приведена принципиальная схема мероприятий по освоению водных ресурсов, в основу которой положены следующие классификационные признаки: на что направлены мероприятия; содержание (вид) мероприятий; где осуществляются мероприятия; способ локализации возможных отрицательных последствий; время осуществления мероприятий; степень (характер) воздействия на объекты природопользования.

Мероприятия по освоению водных ресурсов подразделяются на природоохранные и хозяйственные, основным назначением которых является предотвращение негативных последствий и создание более благоприятных социально-экономических условий жизни и производственной деятельности людей в пределах пространственно ограниченного комплекса, входящего в сформулированное выше понятие объекта природопользования. В зависимости от содержания различают биологические, технические, организационные, экономические и юридические мероприятия, каждое из которых может осуществляться и в самих водотоках и водоемах (на воде), и вне их (на суше), и одновременно на воде и на суше.

Биологические мероприятия предназначены для сохранения растительного и животного мира и увязки потребностей экосистемы с потребностями производственной деятельности человека с учетом социальных факторов. Они призваны обеспечить направленную саморегуляцию экосистемы, которую организует человек на основе данных науки об экологии и прежде всего о развитии биоценозов применительно к данному объекту природопользования, т. е. на основе результатов экологической оценки.

В табл. 2.6 приведен перечень основных мероприятий по освоению водных ресурсов рек, озер и искусственных водохранилищ, их характеристика по назначению и классификационным признакам.

При освоении водотока без строительства гидроузла часть специфических мероприятий, отмеченных в табл. 2.6, отпадает, увеличивается удельный вес мероприятий по поддержанию качества воды в реке, а потребность регулирования стока возникает как одно из главных мероприятий, обеспечивающих комплексное использование водных ресурсов.

Из числа организационных и экономических мер следует особо выделить оформление, рассмотрение (согласование) и утверждение предложений по использованию водотоков и водоемов как

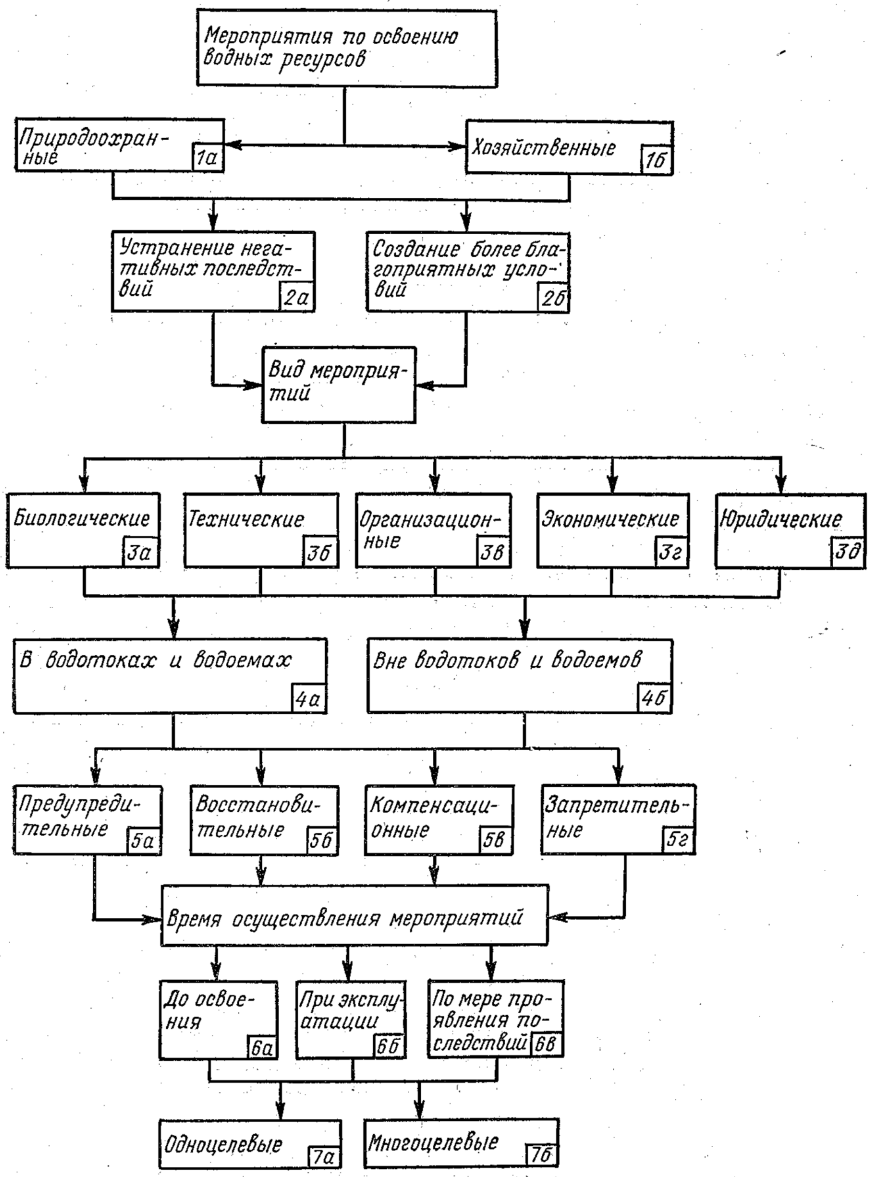


Рис. 2.4. Классификационная схема мероприятий по освоению водных ресурсов.

Таблица 2.6

Назначение и классификация мероприятий по освоению водных ресурсов

Мероприятия и их характеристика	Номер классификационного признака по рис. 2.4
При регулировании речного стока гидроузлами	
Верхний бьеф гидроузла	
Обоснование оптимального соотношения водных и земельных фондов как элементов природной среды и природных ресурсов в пределах пространственно ограниченного комплекса	1а, 1б, 2а, 2б, 3а, 3г, 4а, 4б, 5а, 6а, 7б
Выбор и обоснование нормального подпорного уровня и уровня мертвого объема водохранилища по условиям затопления и подтопления приречных территорий, водообеспечения и водопользования	1а, 1б, 2а, 2б, 3б, 3г, 4а, 5а, 6а, 7б
Выбор и обоснование полного (V_0) и полезного ($V_п$) объема водохранилища в зависимости от решаемых народнохозяйственных задач с помощью регулирования стока	1б, 2б, 3б, 3г, 4а, 5а, 6а, 7б
Инженерная защита от затопления, подтопления и берегопереработки территорий, где расположены сельскохозяйственные и лесные угодья, населенные пункты, отдельные объекты и сооружения, памятники истории и культуры, месторождения полезных ископаемых	1а, 1б, 2а, 3б, 4б, 5а, 6а, 7б
Инженерная защита территорий, направленная на ликвидацию или уменьшение площадей мелководий в зоне будущего водохранилища для сохранения пойменных земель, предотвращения цветения водохранилищ	1а, 2а, 3б, 4а, 4б, 5а, 6а, 7а
Сельскохозяйственное освоение новых земель и улучшение существующих сельскохозяйственных угодий в связи с изъятием земель под водохранилище и для других нужд строительства, а также в связи с подтоплением территорий выше предельно допустимых значений	1б, 2а, 3б, 3в, 3г, 4б, 5б, 6а, 7а
Осуществление мелиоративных мероприятий для поддержания качества угодий в зоне подтопления в пределах допустимых значений	1а, 1б, 2а, 3б, 4б, 5а, 5в, 6а, 6в, 7б
Лесосводка и лесоочистка на территории, отводимой под водохранилище	1а, 1б, 2а, 3б, 3г, 4б, 5а, 6а, 7б
Снос или новое строительство жилых домов государственной и личной собственности, объектов производственного, культурно-бытового и другого назначения, линий связи и электропередачи, дорог и других инженерных сооружений, расположенных в зонах затопления, подтопления и берегопереработки	1б, 2а, 3б, 3в, 3г, 4а, 4б, 6а, 7а
Планировка, застройка и благоустройство новых мест, выбранных для переселения населения, переноса и нового строительства объектов народного хозяйства	1б, 2а, 2б, 3б, 3в, 4б, 5б, 6а, 7а

Мероприятия и их характеристика	Номер классификационного признака по рис. 2,4
Переселение населения из зоны водохранилища	1б, 2а, 3в, 4б, 5б, 6а, 7а
Разработка схем районных планировок с учетом создания водохранилищ; межхозяйственное и внутрихозяйственное переустройство землепользователей	1б, 2а, 3в, 4б, 5б, 6а, 7б
Санитарная подготовка территории водохранилища	1а, 1б, 2а, 3а, 3б, 4а, 5а, 6а, 7б
Строительство рыбопропускных сооружений через плотину для нереста проходных рыб, а также рыбозащитных сооружений	1а, 2а, 3б, 4а, 5а, 6а, 7а
Строительство рыбозаводов и нерестово-выростных хозяйств для сохранения воспроизводства рыбных ресурсов	1а, 1б, 2а, 3б, 4а, 5а, 6а, 7а
Строительство шлюзов или судоподъемников для сохранения водно-транспортного значения реки	1б, 2а, 3б, 4а, 5а, 6а, 7а
Возмещение убытков и потерь, обусловленных выносом и переустройством объектов народного хозяйства и переселением населения из зоны водохранилища	1б, 2а, 3г, 4б, 5в, 6а, 7а
Нижний бьеф гидроузла	
Обоснование оптимального соотношения водных и земельных фондов как элементов природной среды и природных ресурсов в пределах ПОК	1а, 1б, 2а, 2б, 3а, 3г, 4а, 4б, 5а, 6а, 7б
Разработка природоохранных и социальных ограничений к режиму регулирования стока	1а, 1б, 2а, 3а, 3д, 4а, 5а, 6а, 7б
Установление режима работы гидроузла в определенные периоды года с учетом пропуска в нижний бьеф расходов, удовлетворяющих природоохранным и хозяйственным требованиям (их оптимальное сочетание)	1а, 1б, 2а, 3б, 3г, 4а, 5а, 6а, 7б
Строительство гидроузлов-контррегуляторов, позволяющих более равномерно распределять сток в течение недели и суток	1а, 1б, 2а, 3б, 4а, 5а, 6а, 6б, 7б
Обоснование и установление ограничений режима работы основного (ведущего) гидроузла на период до завершения строительства и сдачи в эксплуатацию гидроузла-контррегулятора (разработка временных правил использования водных ресурсов водохранилища)	1а, 1б, 2а, 3в, 3г, 3д, 4а, 5а, 6а, 7б
Инженерная защита сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и других объектов народного хозяйства от зимних затоплений при работе ГЭС	1б, 2а, 3б, 4б, 5а, 6а, 7а
Вынос объектов народного хозяйства из зоны зимних затоплений	1б, 2а, 3б, 3в, 4б, 5б, 6а, 7а
Освоение новых земель или улучшение существующих сельскохозяйственных угодий для восстановления производства продукции в связи с неблагоприятным изменением водного режима (обезвоживание поймы, зимнее затопление приречной территории), а также с уменьшением отложения плодородного наилка на пойме	1б, 2а, 3б, 3г, 4б, 5б, 6а, 7а

Мероприятия и их характеристика	Номер классификационного признака по рис. 2.4
Переустройство объектов народного хозяйства в связи с предстоящим изменением водного режима реки (причальные сооружения, места отстоя и ремонта судов, водозаборы, очистные сооружения и т. п.)	1б, 2а, 3б, 4а, 4б, 5а, 6а, 7б
При эксплуатации водотоков и водоемов в условиях зарегулированного стока	
Верхний бьеф гидроузла	
Установление ПДК загрязняющих веществ в воде водохранилища и в сточных водах, сбрасываемых в водохранилище	1а, 1б, 2а, 3д, 4а, 5г, 6а, 7б
Установление предельно допустимой температуры воды и предельно допустимых сбросов подогретой воды в водохранилище от ТЭС и АЭС	1а, 1б, 2а, 3д, 4а, 5г, 6а, 7б
Строительство новых и переустройство существующих очистных сооружений с учетом фактического развития промышленности и сельского хозяйства на базе водных ресурсов водохранилища и показателей качества воды	1а, 1б, 2а, 3б, 4б, 5б, 6в, 7б
Строительство глубинных водозаборов	1а, 2а, 3б, 4а, 5а, 6а, 6б, 7а
Совершенствование технологических процессов, уменьшающих водопотребление и водоотведение за счет изменения схем водоснабжения и водоотведения, замены водоемкого оборудования более совершенным	1а, 1б, 2б, 3б, 4б, 5а, 6б, 7б
Применение установок и устройств для перемешивания воды на выпуске от ТЭС и АЭС, а также на мелководьях с целью интенсификации передачи излишнего тепла в атмосферу и обогащения воды кислородом	1а, 2а, 3б, 4а, 5а, 6б, 7а
Организация водоснабжения населенных пунктов, промышленных предприятий и сельского хозяйства	1б, 2б, 3б, 4б, 6б, 7б
Строительство оросительных систем с забором воды из водохранилища	1б, 2б, 3б, 4б, 6б, 7а
Рыбохозяйственное освоение водохранилища	1а, 1б, 2б, 3а, 3б, 3в, 4а, 5а, 5б, 6б, 7а
Воднотранспортное освоение водохранилища	1б, 2б, 3б, 4а, 6б, 7а
Сельскохозяйственное и рекреационное освоение и использование мелководий	1б, 2б, 3а, 3б, 5а, 6б, 7б
Утилизация загрязняющих веществ, организация земледельческих полей орошения, использование подогретых вод для интенсификации биологических процессов в растениеводстве, животноводстве и рыбоводстве (создание энергобиологических комплексов)	1а, 1б, 2а, 2б, 3б, 4б, 5а, 6б, 7б

Мероприятия и их характеристика	Номер классификационного признака по рис. 2.4
Хозяйственное освоение сестона для получения различной продукции (кормовые добавки к рациону животных, белково-витаминные концентраты, хлорофилл-каротиновая паста, фармацевтические препараты, кормовые дрожжи) и снижения интенсивности цветения воды	1а, 1б, 2а, 2б, 3б, 4а, 5а, 6б, 6в, 7б
Рекреационное освоение водохранилищ	1б, 2б, 3б, 3в, 4а, 4б, 6б, 7а
Направленное развитие растительного и животного мира в новых условиях в связи с хозяйственным освоением водотоков, водоемов и приречных территорий	1а, 2а, 2б, 3а, 4а, 4б, 5а, 5б, 6б, 6в
Нижний бьеф гидроузла	
Осуществление природоохранных и хозяйственных попусков, исходя из соблюдения нормативных режимов регулирования стока для сохранения качества водотоков как объектов природопользования (попуски: санитарные с учетом требований к качеству воды для питьевого и бытового водоснабжения; рыбохозяйственные в период нереста и выращивания молоди; сельскохозяйственные для обводнения поймы в весенний период; воднотранспортные)	1а, 1б, 2а, 3в, 3д, 4а, 5а, 6б, 7б
Осуществление безвозвратного отъема стока на различные нужды народного хозяйства в пределах, не превышающих допустимых значений	1б, 2б, 3б, 3в, 3д, 4а, 5а, 6б, 7б
Строительство и переустройство очистных и водозаборных сооружений с учетом фактического развития производительных сил и соблюдения природоохранных ограничений (ПДК, ПДС)	1а, 1б, 2а, 3б, 4а, 4б, 5а, 6б, 7б
Соблюдение ограничений на зимние расходы воды во избежание затопления и подтопления приречных территорий	1а, 1б, 2а, 3в, 3д, 4а, 5а, 6б, 7б
Сельскохозяйственное освоение новых земель и улучшение существующих сельскохозяйственных угодий в условиях оптимального режима регулирования стока в период весеннего половодья, созданного с помощью строительства гидроузла	1б, 2б, 3б, 3г, 4б, 6б, 7а
Сельскохозяйственное и промышленное освоение приречной территории в связи с ликвидацией или ослаблением наводнений в летне-осенний период, сдерживавших развитие производительных сил в естественных условиях	1б, 2б, 3б, 3г, 4б, 6б, 7б
Мероприятия по ликвидации отрицательных последствий изменения климатических условий, обусловленных образованием тепловой полыньи в зимний период (повышение влажности воздуха, туманы, образование наледей на проводах линий связи и электропередачи, мостах, дорогах и т. п.) и понижением температуры воды в летний период (уменьшение рекреационного значения водотока и приречной территории)	1б, 2а, 3б, 4а, 4б, 5а, 5б, 6б, 6в, 7б
Направленное развитие растительного и животного мира в новых условиях в связи с освоением водотоков, водоемов и приречных территорий	1а, 2а, 2б, 3а, 4а, 4б, 5а, 5б, 6б, 6в

объектов природопользования, включая распределение планируемых природоохранных и хозяйственных затрат на освоение водных и земельных фондов между участниками ВХК с учетом места, времени и взаимосвязи осуществляемых мероприятий.

Завершающим этапом (организационным и юридическим мероприятием) является разработка, согласование и утверждение Правил использования водотоков и водоемов как объектов природопользования, обязательных для всех участников комплекса. Успешная реализация последних, по мнению авторов, может быть обеспечена путем разработки и внедрения автоматизированных систем регулирования и контроля качества водотоков и водоемов как объектов природопользования для принятия своевременных мер по предотвращению, ликвидации или снижению негативных явлений и процессов в хозяйстве и природе при эксплуатации объектов народного хозяйства на базе водных ресурсов [7, 65, 66].

3 Глава 3. Социально-экономическая оценка отчуждения, обусловленного освоением водных ресурсов и приречных территорий

3.1. Сущность и задачи социально-экономической оценки отчуждения в хозяйстве и природе

Проблема отчуждения охватывает весьма широкий и сложный круг вопросов, связанных с нарушением сложившегося равновесия в хозяйстве и природе. Под отчуждением обычно понимают отвод земельных участков для государственных, общественных и других надобностей или передачу имущества во владение другого лица. Решение задачи экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования требует, чтобы этот термин понимался более широко.

Под отчуждением авторы понимают изъятие или ухудшение качества элементов природной среды, природных ресурсов и основных фондов при строительстве и эксплуатации объектов народного хозяйства.

Проблема отчуждения связана с решением следующих основных вопросов, отражающих сущность и задачи социально-экономической оценки отчуждений:

1) определение отрицательных последствий в хозяйстве и природе в натуральных (количественных и качественных) показателях;

2) определение влияния отчуждения на экономическую продуктивность водотоков и водоемов как объектов природопользования, в том числе в разрезе отдельных водопользователей, водопотребителей и землепользователей;

3) определение ущерба, причиняемого отдельным отраслям (объектам) народного хозяйства в связи с необходимостью дополнительных единовременных и текущих затрат на производство продукции или оказание услуг в условиях происшедших отчуждений;

4) определение состава и физического объема специальных мероприятий (работ) по подготовке водотоков, водоемов и приречных территорий для их хозяйственного освоения, по предупреждению (недопущению) возможных отрицательных последствий, полному или частичному восстановлению нарушенного равновесия в хозяйстве и природе, а также установление состава компенсационных мероприятий по возмещению водопользователям, водопотребителям и землепользователям убытков и потерь, обусловленных соответствующими видами отчуждений;

5) определение затрат на осуществление указанных в п. 4 мероприятий, а также возможных дополнительных текущих издержек, имея в виду замыкающие условия производства;

6) определение ущерба, наносимого народному хозяйству в связи с отвлечением государственных средств, обусловленным отчуждениями (учет фактора времени);

7) учет показателей отчуждения при поиске наилучших (оптимальных) решений по освоению водных ресурсов и приречных территорий, при оценке эффективности намечаемого развития территориального комплекса;

8) правовое и хозрасчетное оформление отчуждений.

Исследование сложившейся практики учета последствий отчуждений при подготовке и принятии проектных решений [97], и в первую очередь создания водохранилищ, показывает, что отсутствие единого методологического и методического подхода к решению этого важного для народного хозяйства вопроса в значительной степени зависит от понимания предмета, критерия и показателей социально-экономической оценки отчуждений:

предмет оценки — конкретные элементы сложившейся инфраструктуры и природной среды;

критерий оценки — обеспечение в условиях предстоящих (прогнозируемых) изменений нормативного состояния окружающей среды, т. е. хозяйства, природы и их взаимосвязей на определенный расчетный уровень (период);

показатели оценки — снижение экономической ценности водотоков, водоемов и приречных территорий по показателям чистой продукции и прибыли; единовременные и текущие затраты, обусловленные отчуждениями; ущерб, наносимый народному хозяйству в связи с отвлечением государственных средств для сохранения равновесия в хозяйстве и природе.

Важнейшей задачей социально-экономической оценки отчуждений, обусловленных освоением водных ресурсов и приречных территорий, является обеспечение объективного учета отрицательных последствий при определении оптимального с народнохозяйственной точки зрения межотраслевого перераспределения использования водных и земельных фондов, для создания оптимальных условий жизни людей при данном уровне развития производительных сил общества. Только конкретные мероприятия, учтенные проектом и сметой на основе социально-экономической оценки отчуждений, могут предотвратить или по крайней мере свести к минимуму нежелательные последствия.

Социально-экономическая оценка отчуждений должна базироваться на следующих основных принципах.

Под сложившимся (естественным) равновесием в хозяйстве и природе понимается не фиксированное (застывшее) состояние, а комплекс целесообразных для человека постоянно нарастающих преобразований, основанных на строгом учете и контроле экологических, социальных и экономических факторов и обеспечивающих в настоящем и будущем высокий уровень жизни на земле.

Руководящее указание в этом направлении было дано еще на майском Пленуме ЦК КПСС 1966 г.: «Разумеется, мы не можем запретить отвод земли для промышленного и другого строительства. Но здесь необходимы большая придирчивость, точный расчет и изыскание таких путей, чтобы отводы были наименьшими и главным образом за счет земель, менее пригодных для сельскохозяйственного производства».

Оценка отчуждений величиной снижения чистой продукции и прибыли необходима не только для сигнализации о неблагополучии, но и главным образом для выбора оптимального варианта использования водотока и приречной территории, для расчета эффективности нового строительства и мероприятий, связанных с отчуждением в хозяйстве и природе.

Определение ущерба, выраженного величиной дополнительных единовременных и текущих затрат $З(У)=\Delta И+E_н \Delta К$ на производство продукции или оказание услуг в условиях прогнозируемых отчуждений, необходимо для обоснования целесообразности (эффективности) предупредительных, восстановительных или компенсационных мероприятий со стороны отрасли (объекта)-нарушителя.

При определении состава и объема работ по подготовке территории и водотока для их дальнейшего освоения, предотвращению отрицательных последствий или осуществлению восстановительных (компенсационных) мероприятий необходимо учитывать следующие варианты возможного состояния окружающей среды: 1) хозяйство и природа на нормативном уровне; 2) хозяйство на нормативном уровне, природа (отдельные ее элементы) ниже нормативного уровня; 3) хозяйство ниже нормативного уровня, природа на нормативном уровне; 4) хозяйство и природа ниже нормативного уровня.

Под нормативным уровнем хозяйства и природы в проблеме отчуждений следует понимать такой уровень, который отвечает современным (на момент отчуждения) требованиям науки, техники и экономии в области материального производства, жилищных, коммунально-бытовых, медицинских, просветительных, культурных и других социальных условий жизни людей, когда важнейшие элементы природной среды в рассматриваемом районе отвечают соответствующим нормативам и стандартам.

Каждый вариант состояния окружающей среды может характеризоваться тремя подвариантами отрицательных последствий; 1) нарушения отмечаются и в хозяйстве, и в природе; 2) происходят нарушения в отраслях (объектах) народного хозяйства при сохранении состояния природной среды; 3) нарушается равновесие в природе, ухудшается состояние отдельных ее элементов при сохранении состояния хозяйства. Подвариант 2 может вызвать отрицательные последствия в природе вследствие проведения мероприятий по переустройству (восстановлению) «нарушаемых» отраслей (объектов) народного хозяйства; подвариант 3 — может привести к ущемлению интересов производства.

Указанный методологический подход к оценке состояния окружающей среды и отрицательных последствий позволяет определить (количественно оценить) межотраслевые связи и зависимости в проблеме отчуждений как с народнохозяйственной позиции в целом, так и с позиции отдельных отраслей (объектов) — «нарушителей» и «пострадавших».

Комплекс мероприятий в связи в отчуждениями должен рассчитываться при любом состоянии окружающей среды, исходя из обеспечения нормативного состояния хозяйства и природы в условиях предстоящих изменений, т. е. экономическая оценка отчуждений характеризуется так называемыми полными единовременными ($К_н$) и текущими ($И_н$) затратами с выделением долевого участия в них отрасли — инициатора строительства (нарушителя) в объеме ($К_о$; $И_о$), обеспечивающем сохранение (восстановление) хозяйства и природы на прежнем уровне, т. е. до момента отчуждения.

При нормативном состоянии окружающей среды на момент отчуждения $К_н = К_о$; $И_н = И_о$; при состоянии окружающей среды ниже нормативного уровня $\Delta К = К_н - К_о$; $\Delta И = И_н - И_о$ учитывают экономические (по основным производственным фондам и природным ресурсам: замена оборудования, внедрение прогрессивной технологии, расширение производства и т. п.), социальные (объекты соцкультбыта и жилья — соответствующее нормативное обеспечение людей) и экологические (элементы природной среды: обеспечение надлежащих биологических условий) факторы, обусловившие дополнительные затраты (сверх предупредительных, восстановительных или компенсационных) для создания нормативного уровня. Отметим, что $\Delta К$, $\Delta И$ возможны, по расчетам авторов, в 58 % случаев из рассмотренных выше вариантов состояния окружающей среды и отрицательных последствий.

Наличие $\Delta К$ и $\Delta И$, обусловленных отчуждениями, приводит к несвоевременному отвлечению средств из государственного бюджета. Это обстоятельство требует экономической оценки окружающей среды по показателю прироста чистой продукции и прибыли ($\Delta П$), обусловленного $\Delta К$ и $\Delta И$, в сопоставлении с потерей чистой продукции и прибыли (ущербом) от преждевременного вложения средств (учет фактора времени).

Учет рассмотренных показателей оценки отчуждений при выборе оптимального решения, определении стоимости строительства объектов-нарушителей и ежегодных издержек производства при их эксплуатации усилит роль экономических рычагов и стимулов в деле сохранения равновесия в хозяйстве и природе.

При определении $К_н$ и $И_н$, в том числе $К_о$ и $И_о$, не исключается возможность включения затрат на целесообразное развитие (расширение) отдельных объектов народного хозяйства по инициативе соответствующих министерств и ведомств. Последнее не относится прямо к проблеме отчуждений, но, естественно, должно быть учтено при разработке конкретных проектов их переустройства в связи с отчуждениями.

При общем единстве принципов социально-экономической оценки отчуждений собственно методы определения затрат на предотвращение нарушений, переустройство и восстановление основных фондов, природных ресурсов и элементов природной среды имеют свои особенности.

3.2. Оценка отчуждения природных ресурсов и элементов природной среды

3.2.1. Оценка отчуждения сельскохозяйственных земель

Под отчуждением сельскохозяйственных земель понимается не только физическое (юридическое оформленное) их изъятие, но и ухудшение качества (продуктивности) земель, продолжающих участвовать в сельскохозяйственном производстве.

Существующие нормативы предусматривают оценку тех земель, которые изымаются из сельскохозяйственного производства полностью. Они не учитывают специфику отчуждения сельскохозяйственных угодий при освоении водных ресурсов, когда в результате строительства гидроузлов и создания водохранилищ ухудшается качество (продуктивность) земель сельскохозяйственных предприятий вследствие подтопления и неблагоприятного изменения водного режима в нижнем бьефе гидроузлов (обезвоживание, зимние затопления и т. д.).

Следует отметить, что хотя нормативы и дифференцированы по экономическим районам (например, для РСФСР), но в них не учитывается качество сельскохозяйственных угодий. Однако такой учет необходим для экономического стимулирования отвода под строительство худших сельскохозяйственных угодий. В нормативах отсутствует учет оленьих пастбищ, который, безусловно, важен при гидроэнергостроительстве на северо-востоке страны (например, при освоении рек Чукотки). И, наконец, в них не учитывается изменение ежегодных издержек сельскохозяйственного производства, переносимого на вновь осваиваемые земли.

Рассмотрим на примере создания водохранилищ гидроэлектростанций существующую практику оценки и компенсации затопляемых сельскохозяйственных угодий, в значительной степени отражающую состояние вопроса экономической оценки отчуждаемых при строительстве земель. За исходные данные взяты проектные, отчетные и другие материалы по 33 эксплуатируемым, строящимся и проектируемым водохранилищам [97, 168, 169], сгруппированным с учетом природно-экономических особенностей районов их создания (табл. 3.1).

Освоенность затопляемых земель под сельскохозяйственные угодья в среднем составляет 33,4 %. В составе затопляемых сельскохозяйственных угодий 73 % приходится на естественные кормовые угодья, что обусловлено размещением водохранилищ на пойменных землях.

Таблица 3.1

Площадь земель (тыс. га), изымаемых под водохранилища

Район	Группа водохранилищ	Всего	В том числе сельскохозяйственных угодий	Из них	
				пашня, сады и огороды	сенокосы и пастбища
I	Кумское, Княжегубское, Йовское	53,4	1,14	0,15	0,99
II	Нарвское, Плявинское, Рижское	29,8	8,26	3,50	4,76
III	Днепродзержинское, Каневское, Киевское	260,1	113,40	24,80	88,60
IV	Воткинское, Нижнекамское, Чебоксарское	550,5	239,27	47,11	192,16
V	Саратовское	130,6	63,00	9,70	53,30
VI	Чиркейское, Чир-Юртское, Джварское, Гальское, Жинвальское, Намахвальское	10,6	4,90	1,49	3,41
VII	Бухтарминское	332,8	175,10	45,10	130,00
VIII	Токтогульское, Кайраккумское, Чарвакское	81,7	30,20	19,70	10,50
IX	Мамаканское, Вилюйское, Хантайское	216,6	1,30	0,10	1,20
XI	Новосибирское	95,1	28,40	4,90	23,50
XII	Красноярское, Саянское	228,3	139,00	47,70	91,30
XIII	Братское, Усть-Илимское	704,2	188,10	65,30	122,80
	Зейское, Дальнереченское	291,1	5,80	2,30	3,50
	Итого	2984,8	997,87	271,85	726,02

Анализ проектов подготовки водохранилищ показывает, что основным видом мероприятий по восстановлению сельскохозяйственного производства является проведение мелиоративных работ по освоению новых земель или на существующих (оставшихся) сельскохозяйственных угодьях.

В табл. 3.2 дана натуральная и стоимостная оценка отчуждаемых земель по приведенным в табл. 3.1 районам (группам водохранилищ). В проектах подготовки водохранилищ наблюдается общая тенденция к занижению площадей мелиорации в счет компенсации за затопляемые земли: в 55 % случаев за 1 га затопляемых земель намечается осуществить мелиоративных работ на площади менее 0,5 га, в 29 % случаев — от 0,5 до 1,0 га и в 16 % случаев — более 1,0 га. При этом в составе мелиоративных работ в среднем по всем водохранилищам преобладают культуртехнические работы, составляющие по площади около 70 %, а по стоимости 43 %.

В среднем по водохранилищам за 1 га затопляемых сельскохозяйственных угодий намечено провести мелиоративные работы на площади 0,44 га (колебания по отдельным водохранилищам

Таблица 3.2

Оценка отчуждаемых земель в проектах водохранилищ

Район	За 1 га затопляемых сельскохозяйственных земель намечено провести мелиоративных работ				Стоимость мероприятий по восстановлению сельскохозяйственного производства	
	всего, га	в том числе, %			всего на 1 га затопляемых сельскохозяйственных угодий, руб	в том числе мелиоративные работы, %
		осушение	орошение	культуртехнические работы		
I	0,66	100,0	—	—	991	80
II	0,48	85,5	—	14,5	228	99
III	0,03	100,0	—	—	20	55
IV	0,36	31,6	24,7	43,7	150	93
V	0,47	—	59,3	40,7	202	98
VI	0,19	—	44,6	55,4	690	20
VII	0,41	—	22,0	78,0	24	100
VIII	0,74	—	100,0	—	1817	92
IX	1,00	—	—	100,0	244	100
X	—	—	—	—	1	—
XI	0,63	4,4	25,6	69,8	214	98
XII	0,67	—	—	100,0	290	99
XIII	0,62	66,1	—	33,9	194	94
Среднее	0,44	9,4	22,8	67,8	202	94

Примечание. В общую площадь мелиоративных работ по освоению новых земель или коренному улучшению существующих сельскохозяйственных угодий не входит площадь культуртехнических работ на осушаемых и орошаемых землях (исключен двойной счет).

составляют от 0 до 1,66 га). В проектах, как правило, при компенсации пахотных земель устанавливается достаточный объем мелиоративных работ и необоснованно занижается компенсация естественных кормовых угодий, занимающих более 70 % площади изымаемых под водохранилище сельскохозяйственных угодий. Общеизвестно, что под водохранилища попадают в основном ценные пойменные луга, являющиеся основой для кормовой базы животноводства приречных районов.

О степени компенсации отдельных видов сельскохозяйственных угодий можно судить исходя из следующего расчета, выполненного на основании обобщения рассмотренных проектов подготовки водохранилищ. Если считать, что мелиоративные мероприятия, намеченные в проектах, обеспечивают компенсацию пашни, садов и огородов по принципу «гектар за гектар», то за 1 га изымаемых естественных кормовых угодий в среднем по рассмотренным 33 водохранилищам осуществляются мелиоративные работы только на площади 0,23 га.

Количественная и качественная характеристика компенсационных мероприятий, в значительной степени определяющая реальность восстановления производства сельскохозяйственной продук-

ции, наиболее полно отражается в стоимости мероприятий, отнесенной на 1 га затопляемых земель (см. табл. 3.2). В среднем этот показатель составляет 202 руб. на 1 га с колебаниями по отдельным группам от 1 до 1817 руб. на 1 га. При этом в 71 % случаев стоимость компенсационных мероприятий составляет менее 1000 руб. на 1 га затопляемых земель, в 29 % случаев — более 1000 руб. на 1 га. В общих затратах, связанных с отчуждением земель, 94 % падает на мелиоративные работы.

Существующая практика оценки затопляемых земель основана на плановой урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности естественных кормовых угодий. За расчетный уровень оценки земель принимается год наполнения водохранилища. Учитывая, что современный уровень сельскохозяйственного производства все еще недостаточно высок, показатели оценки сельскохозяйственных угодий по выходу продукции и чистому доходу на расчетный период не отражают потенциальные возможности сельскохозяйственного производства на этих землях. Не корректируются и показатели оценки земель в тех случаях, когда фактический срок их затопления выходит за пределы расчетного уровня (иногда на 5 лет и более).

В проектах подготовки водохранилищ в ряде случаев отсутствуют экономические расчеты по определению возможного рационального использования земель и повышения их продуктивности при условии отсутствия затопления (до затопления) с установлением необходимого для этого состава, объема и стоимости работ, сроков их проведения и экономической эффективности. Вместе с тем проекты восстановления сельскохозяйственного производства экономически обосновываются, как правило, завышенными показателями прироста продукции и чистого дохода на вновь освоенных землях или в результате улучшения существующих сельскохозяйственных угодий. Следствием этого является занижение экономического ущерба, обусловленного отчуждением земель при строительстве.

Анализ проектов восстановления сельскохозяйственного производства показывает, что на стоимость компенсации, отнесенной на 1 га отводимых под строительство сельскохозяйственных угодий, главным образом влияют: а) состав и объем мелиоративных работ за 1 га изымаемых сельскохозяйственных угодий, являющиеся следствием оценки земель по выходу продукции и эффективности компенсационных мелиоративных мероприятий по приросту продукции; б) нормативы удельных показателей стоимости мелиоративных работ, обеспечивающих полную компенсацию изымаемых из сельскохозяйственного производства земель по указанной в пункте «а» оценке.

Объективный подход к определению этих показателей, по мнению авторов, может быть обеспечен только на основе экономической оценки земли.

Экономическая оценка сельскохозяйственных земель, отчуждаемых при строительстве, есть специальная экономическая оценка

для решения определенной народнохозяйственной задачи, а именно: определение эффективности капиталовложений в строительство того или иного объекта с учетом отрицательных последствий, связанных с изъятием сельскохозяйственных земель или ухудшением их качества (продуктивности).

Основным отрицательным последствием отчуждения сельскохозяйственных земель является сокращение производства сельскохозяйственной продукции. Для восстановления нарушаемого баланса государству необходимо вовлечь в сельскохозяйственное производство новые земли или произвести коренное улучшение существующих сельскохозяйственных угодий. Таким образом, изъятие земель обусловливает необходимость дополнительных капитальных вложений государства на мелиоративные работы. При наличии государственного плана осуществления мелиоративных работ для решения задач, стоящих перед сельским хозяйством, дополнительные к плану мелиоративные работы в связи с изъятием сельскохозяйственных земель или ухудшением их качества будут, естественно, более капиталоемкими — предельно допустимыми (замыкающими).

С позиции общего плана развития народного хозяйства на определенный период дополнительные затраты на мелиоративные работы для восстановления производства сельскохозяйственной продукции являются неотъемлемой частью капиталовложений в строительство объекта на изымаемых из сельскохозяйственного производства землях.

При определении затрат на восстановление производства сельскохозяйственной продукции необходимо исходить не из среднего для страны в целом, а из предельно допустимого коэффициента эффективности капиталовложений в земледелие для природно-экономического района страны, в котором осуществляется строительство и отчуждение земель.

В системе показателей для установления предельно допустимого срока окупаемости дополнительных капиталовложений с учетом природно-экономических особенностей сельскохозяйственного производства района одними из основных показателей являются валовой выход продукции и затраты на производство продукции на худших землях, эксплуатация которых в рассматриваемый (расчетный) период общественно необходима.

Нужный объем мелиоративных работ для восстановления производства сельскохозяйственной продукции устанавливается по относительной оценке отчуждаемых сельскохозяйственных земель и вновь осваиваемых земель или существующих сельскохозяйственных угодий после их коренного улучшения. Относительная оценка земель производится по валовому выходу продукции, типичной для данного района, и выражается отношением теряемой продукции к приросту продукции при освоении новых земель или коренном улучшении существующих сельскохозяйственных угодий. При этом важна не стоимость валовой продукции, а потребительная стоимость, т. е. сельскохозяйственная продукция в нату-

ральном выражении. Последнее, на наш взгляд, имеет принципиальное значение.

При решении вопроса восстановления нарушаемого баланса сельскохозяйственной продукции необходимо исходить прежде всего из того, что основным назначением сельскохозяйственного производства является создание материальных благ. Использование стоимостных показателей может привести к необъективной оценке и компенсации отчуждаемых из сельскохозяйственного производства земель. Например, изменение структуры посевных площадей на вновь освоенных землях искажает действительную относительную оценку отчуждаемой пашни; еще большее искажение отмечается при стоимостной оценке продукции нарушаемых естественных кормовых угодий, особенно когда такая оценка производится по валовой продукции полевых сельскохозяйственных культур.

Таким образом, объем компенсационных мелиоративных мероприятий по освоению новых земель или коренному улучшению существующих сельскохозяйственных угодий определяется исходя из восстановления производства сельскохозяйственной продукции в натуральном выражении отдельно для каждого вида отчуждаемых сельскохозяйственных угодий.

Некоторые экономисты, справедливо заявляя о неправильности определения ущерба от отвода земель под строительство полной стоимостью теряемой продукции или теряемым чистым доходом, а следовательно, и о неправильности стоимостной оценки земли этими показателями, делают неверный вывод о неправомерности требования от организации, в пользу которой осуществлен земельный отвод, возмещения сельскому хозяйству затрат на осуществление мелиоративных мероприятий, обеспечивающих полное восстановление производства сельскохозяйственной продукции.

Действительно, «...экономическое плодородие почвы выступает как совокупный результат естественного плодородия и плодородия искусственного, создаваемого капвложениями в землю. Поскольку при отчуждении сельскохозяйственных земель под строительство бывшим землепользователям полностью компенсируются вложенные в землю и неиспользованные капитальные затраты (строения и сооружения), поскольку у них остаются машины и орудия обработки почвы и все то, что образует их основные производственные фонды, постольку было бы неправильно определять ущерб от отвода земель, а значит и стоимостную оценку изымаемых земель, полной величиной теряемой валовой продукции или чистого дохода, характеризующей обе составные части экономического плодородия» [158].

Высвобожденные при отчуждении земель капиталовложения могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве на новых землях или существующих сельскохозяйственных угодьях после коренного их улучшения. Тем самым они обеспечат производство сельскохозяйственной продукции и принесут доход. Но пока таких «свободных» земель нет (неизъятые из сельскохозяй-

ственного производства земли полностью обеспечены всеми необходимыми производственными фондами), высвобожденные капиталовложения остаются «лишними». Для того чтобы они функционировали в сельскохозяйственном производстве, надо прежде всего соединить их с землей — основным средством производства в сельском хозяйстве.

По этой причине мы предлагаем оценивать изымаемые из сельскохозяйственного производства земли по стоимости мелиоративных работ на освоение новых земель или коренное улучшение существующих сельскохозяйственных угодий и связанных с ними дополнительных капиталовложений (например, дополнительное строительство межхозяйственных и внутрихозяйственных дорог в связи с освоением новых земель; приобретение дождевальных установок при компенсации орошением и т. п.). Однако мы не включаем в эту оценку полный комплекс затрат на так называемое сельскохозяйственное освоение мелиорируемых земель (строительство жилых, производственных и других строений и сооружений; приобретение сельскохозяйственных машин, орудий обработки почвы и т. п.), которые при изъятии земель остаются у сельскохозяйственных предприятий или восстанавливаются особо (перенос или новое строительство нарушаемых сооружений).

Таким образом, капиталовложения на освоение новых земель или коренное улучшение существующих сельскохозяйственных угодий, осуществляемые за счет организации, в пользу которой произведен земельный отвод, и высвобожденные капиталовложения, остающиеся у сельскохозяйственных предприятий при отчуждении у них земель, обеспечивают полное восстановление нарушаемого сельскохозяйственного производства.

Оценка отчуждаемых из сельскохозяйственного производства земель по стоимости мелиоративных работ, обеспечивающих полное восстановление производства сельскохозяйственной продукции, недостаточна, так как общество интересует не только количество произведенных материальных благ, но и затраты на их производство. Учитывая, что дополнительные к плану мероприятия по освоению новых земель или коренному улучшению существующих сельскохозяйственных угодий являются предельно допустимыми и по затратам на их осуществление, и по эффективности возделывания на них сельскохозяйственных культур, отчуждение земель из сельскохозяйственного производства, даже при условии восстановления материального баланса сельскохозяйственной продукции наносит ущерб народному хозяйству в виде дополнительных издержек на производство продукции. Разность между издержками производства продукции на относительно лучших отводимых под строительство землях и издержками производства на худших компенсационных землях определяет постоянный (ежегодный) ущерб при отчуждении земель под строительство, подлежащий возмещению организацией, для которой осуществлен земельный отвод.

Практическая реализация возмещения ущерба может производиться: а) в форме централизованных текущих платежей; б) путем

единовременной выплаты разницы капитализированных издержек производства исходя из значения предельно допустимого коэффициента эффективности капитальных вложений в земледелие, установленного для района, где осуществляется земельный отвод.

Таким образом, общая экономическая оценка отчуждаемых сельскохозяйственных земель включает в себя стоимость мелиоративных работ, обеспечивающих полное восстановление производства сельскохозяйственной продукции в натуральном выражении и ущерб, обусловленный увеличением текущих затрат на произ-

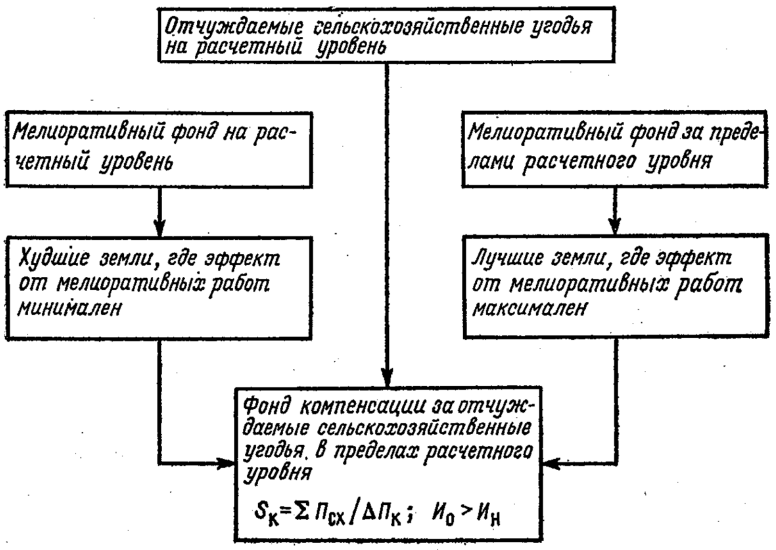


Рис. 3.1. Схема оценки и компенсации отчуждаемых земель.

$S_К$ — площадь земель, где намечены компенсационные мелиоративные мероприятия; $\Sigma П_{сх}$ — суммарные потери сельскохозяйственной продукции в связи с отчуждением земель на расчетный уровень; $\Delta П_К$ — прирост продукции в результате проведения компенсационных мелиоративных мероприятий на единицу земельной площади на расчетный уровень, $И_Н$, $И_0$ — ежегодные издержки на производство сельскохозяйственной продукции на расчетный уровень соответственно на отчуждаемых землях и на компенсационных площадях.

водство сельскохозяйственной продукции на новых землях. Принципиальная схема оценки и компенсации отчуждаемых из сельскохозяйственного производства земель на определенный расчетный уровень (период, год) представлена на рис. 3.1.

При расчете абсолютной и относительной эффективности строительства объекта затраты на мелиоративные работы, обеспечивающие восстановление производства сельскохозяйственной продукции, включаются в общую сумму капиталовложений на сооружение этого объекта, а разница в издержках на производство сельскохозяйственной продукции (ущерб) включается в общую сумму издержек производства при эксплуатации самого объекта.

Изложенный принцип экономической оценки сельскохозяйственных земель, отчуждаемых под строительство, предполагает, что все работы по восстановлению сельскохозяйственного производства должны выполняться до момента изъятия земель из сельскохозяйственного производства или непосредственно до ухудшения их качества. При этом освоенные новые земли или улучшенные существующие сельскохозяйственные угодья должны сдаваться в эксплуатацию после завершения или перед началом основных полевых работ. Эти мероприятия предотвратят непроизводительные затраты (убытки) сельскохозяйственных предприятий, связанные с вложением затрат труда и средств в земли, подлежащие отчуждению.

Для своевременной сдачи в сельскохозяйственное производство компенсационных земельных фондов необходимо опережающее финансирование мелиоративных работ с учетом состава и качества отчуждаемых сельскохозяйственных угодий. Например, если изымаются под строительство сады, то в состав мероприятий по восстановлению производства плодов и ягод включаются не только мелиоративные работы по освоению новых земель с учетом возможной трансформации угодий, но и затраты на посадку и уход за садами до стадии развития многолетних насаждений на момент отчуждения земель.

Как известно [135], вопрос отчуждения земель из сельскохозяйственного производства решается на предпроектной стадии. Это обусловливает необходимость разработки нормативных показателей для оценки сельскохозяйственных земель, отчуждаемых под строительство. Для объективной оценки отчуждаемых из сельскохозяйственного производства земель требуется установить (экономически обосновать) по отдельным природно-экономическим районам страны на определенные расчетные уровни следующие показатели:

состав мелиоративных работ;

относительную оценку отчуждаемых земель и земель, вновь вовлекаемых в сельскохозяйственное производство, или существующих сельскохозяйственных угодий после их коренного улучшения путем проведения мелиоративных работ, выраженную отношением валового выхода продукции с изымаемых из сельскохозяйственного производства земель к приросту продукции при осуществлении мелиоративных мероприятий в расчете на единицу земельной площади (аналогичный расчет производится по ежегодным издержкам на производство сельскохозяйственной продукции);

нормативы предельно допустимых удельных показателей стоимости мелиоративных работ и коэффициентов эффективности капиталовложений в земледелие.

В качестве примера приведем нормативные показатели состава, объема и стоимости компенсационных мелиоративных работ и дополнительных ежегодных затрат на производство продукции на компенсационных землях (табл. 3.3), рассчитанные авторами по природно-экономическим районам (см. табл. 3.1). На основе этих

Таблица 3.3

Нормативы для оценки отчуждаемых земель

Район	Распределение (%) изымаемых сельскохозяйственных угодий, компенсируемых за счет		Соотношение валового выхода продукции с изымаемых сельскохозяйственных угодий и прироста продукции при мелиорации земель (за 1 га изымаемых сельскохозяйственных угодий требуется выполнить мелиоративных мероприятий, га)				Стоимость компенсационных мелиоративных мероприятий в расчете на 1 га, включая культуртехнические работы, руб.			Дополнительные ежегодные затраты на производство сельскохозяйственной продукции, руб. на 1 га мелиорируемых земель	
			пашня		естественные кормовые угодья						
	освоения заболоченных земель путем осушительных и культуртехнических работ	орошения сельскохозяйственных угодий	освоение заболоченных земель	орошение	освоение заболоченных земель и создание искусственных сенокосов и пастбищ	орошение естественных кормовых угодий и создание искусственных	осушение	орошение	залужение	осушение	орошение
I	100	—	1,0	—	0,6	—	1670	—	224	100	—
II	100	—	1,0	—	0,6	—	1150	—	206	82	—
III	50	50	1,0	0,67	0,6	0,30	1379	3061	218	102	308
IV	80	20	1,0	1,00	0,6	0,50	1682	3219	218	117	324
V	—	100	—	0,67	—	0,30	—	3104	163	—	313
VI	—	100	—	0,50	—	0,25	—	3461	206	—	344
VII	—	100	—	0,67	—	0,30	—	3575	224	—	346
VIII	—	100	—	0,50	—	0,25	—	3763	224	—	369
IX	100	—	1,0	—	0,8	—	1936	—	278	133	—
X	75	25	1,0	1,00	0,7	0,50	1791	3092	224	123	311
XI	30	70	1,0	1,00	0,7	0,50	1948	3116	242	133	315
XII	70	30	1,0	1,00	0,7	0,50	1948	3116	242	133	315
XIII	100	—	1,0	—	0,8	—	2081	—	266	150	—

Таблица 3.4

Экономическая оценка (руб/га) сельскохозяйственных земель, изымаемых под водохранилища

Район	Стоимость изъятия $K_o^{сх}$		Ущерб при изъятии $\Delta И_o^{сх}$	
	пахотных земель	естественных кормовых угодий	пахотных земель	естественных кормовых угодий
I	1948	1307	133	80
II	1150	811	82	50
III	1718	968	155	77
IV	1984	1125	157	114
V	2081	980	209	94
VI	1730	920	172	85
VII	2372	1125	232	104
VIII	1888	992	184	92
IX	2118	1767	133	106
X	2045	1476	160	100
XI	2759	1634	260	138
XII	2299	1573	188	113
XIII	2081	1876	150	121

Примечание. В практике оценки и компенсации отчуждаемых сельскохозяйственных земель $K_o^{сх}$, $И_o^{сх}$ отражают, как правило, полные (нормативные) народнохозяйственные затраты, т. е. $K_o^{сх} = K_н^{сх}$; $И_o^{сх} = И_н^{сх}$.

нормативов разработана (табл. 3.4) экономическая оценка изымаемых сельскохозяйственных земель (укрупненные показатели стоимости отчуждений — УПС), включающая стоимость изъятия земель ($K_o^{сх}$ — капиталовложения на компенсационные мелиоративные работы) и ущерб сельскому хозяйству от изъятия земель ($\Delta И_o^{сх}$ — увеличение затрат на производство сельскохозяйственной продукции).

Представляет интерес сопоставление стоимости компенсационных мелиоративных работ в расчете на 1 га затопляемых сельскохозяйственных угодий по проектным и отчетным данным и по дан-

Таблица 3.5

Стоимость компенсационных мелиоративных работ (руб. на 1 га затопляемых сельскохозяйственных угодий)

Район	По проектам	По современной оценке	Район	По проектам	По современной оценке
I	795	1210	VIII	1666	2178
II	227	956	IX	244	1779
III	11	1125	X	—	1573
IV	139	1246	XI	211	1948
V	198	1150	XII	287	1827
VI	137	1162	XIII	182	1960
VII	24	1452	Среднее	190	1488

ным, откорректированным с учетом современных требований оценки и компенсации изымаемых из сельскохозяйственного производства земель (табл. 3.5). В целом по рассмотреннным 33 водохранилищам гидроэлектростанций стоимость изъятия ($К_0^{сх}$) сельскохозяйственных земель в 7,8 раза меньше оценки, предлагаемой авторами книги. При этом ущерб от изъятия сельскохозяйственных земель, обусловленный увеличением затрат на производство сельскохозяйственной продукции на новых землях, в рассмотренных проектах не учитывался. Аналогичное положение с вопросом экономической оценки сельскохозяйственных земель, отчуждаемых при строительстве, отмечается практически во всех отраслях народного хозяйства.

3.2.2. Оценка отчуждения лесных угодий

В настоящее время в практике проектирования строительства учитываются только потери от изъятия лесных насаждений как сырьевого ресурса (древесины), причем единого мнения о методе экономической оценки этих потерь не имеется. Экономисты, занимающиеся вопросами учета народнохозяйственных потерь от изъятия лесных угодий под другие виды землепользования, рассматривают возможность применения трех методов оценки этих потерь [54].

1. Оценка по сокращению совокупной стоимости валовой продукции или чистого дохода, создаваемых на отчуждаемых участках при сплошной вырубке лесных массивов, и по дополнительным затратам на перебазирование объектов лесного хозяйства на новое место (затраты на промышленное освоение новых лесоэксплуатационных массивов). Расчет в этом случае ведется по оптовым ценам на лесопродукцию (прейскурант 07-03) и среднему для лесозаготовительных предприятий данного района уровню прибыли.

2. Оценка по затратам, произведенным за весь срок выращивания изымаемого леса. В связи с техническими трудностями учета этих затрат предлагается исчислять ущерб по стоимости выращивания равноценного леса (восстановительная стоимость).

3. Оценка по получаемой с изымаемого под строительство леса дифференциальной ренте, рассчитанной как уменьшение чистого дохода при лесоэксплуатации и являющейся результатом лучших и средних природных условий добычи лесоматериалов.

В первом и третьем методах оценки лесных угодий предполагается капитализация годовой стоимости валовой продукции, чистого дохода и дифференциальной ренты с учетом нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений в лесное хозяйство.

В настоящей работе оценка отчуждения лесных угодий исследуется в связи с созданием водохранилищ, т. е. для случая отвода или ухудшения качества лесов на больших территориях, вызывающих

существенные нарушения в хозяйстве и природе. Авторами рассматриваются следующие условия, которые могут влиять на конечные результаты оценки:

1) леса разрабатываются лесозаготовительными организациями при плановом сроке полного освоения лесов за пределами расчетного уровня (года) их отчуждения;

2) леса не разрабатываются, но имеют хозяйственную ценность за пределами расчетного уровня их отчуждения;

3) леса не имеют хозяйственного значения как лесосырьевой ресурс, но обладают социально-экологической ценностью.

В зависимости от указанных условий разрабатываются проекты на осуществление следующих мероприятий (работ):

1) ускоренное использование лесных ресурсов с расчетом их выработки до момента отчуждения при сохранении плана производства за пределами отчуждаемой территории;

2) перераспределение средств на освоение лесных ресурсов в данном природно-экономическом районе, исходя из условий сохранения плана производства в пределах расчетного уровня;

3) сверхплановое вовлечение в производство потенциальных лесных ресурсов;

4) сохранение качества лесов и их полезных функций, которые могут быть утрачены в результате вредного воздействия объектов при их строительстве и эксплуатации (например, неблагоприятное изменение режима поверхностных и подземных вод в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов);

5) лесоочистка на участках специального назначения будущего водохранилища: охранная зона гидроузла, санитарная зона для населенных пунктов, рыбопромысловые участки, трассы судового хода, участки расположения пристаней, причалов, портов-убежищ, лесных рейдов и водные подходы к ним.

Лесоочистка к оценке отчуждаемых лесных ресурсов отнесена как социально-экономическое мероприятие по подготовке территории для освоения водных ресурсов.

Из указанных мероприятий четвертое и пятое осуществляются при всех рассмотренных выше условиях. Затраты на их осуществление относятся на отрасль — инициатора строительства (отчуждения) и учитываются при расчете экономической эффективности объекта-нарушителя.

Первое или второе и второе или третье мероприятия осуществляются соответственно при первом и втором условиях. Выбор того или иного мероприятия для первого и второго условий определяется путем сравнительной оценки с учетом реальных организационно-хозяйственных, технических и социально-экономических факторов.

В проекте ускоренного использования лесных ресурсов в пределах намечаемой к отчуждению территории определяются объемы, стоимость и сроки лесосводки с распределением по годам в естественных (план) и проектных (зарегулированных) условиях (табл. 3.6).

Таблица 3.6

Сравнительная оценка условий лесосводки в зоне водохранилищ

Показатель	Условия		Соотношение показателей
	естественные (при отсутствии отчуждения)	проектные (при отчуждении)	
Объем лесосводки ($м^3$)	$V_е$	$V_п$	$V_е = V_п$
В том числе:			
до момента отчуждения	$V_{е1}$	$V_п$	—
за пределами расчетного уровня отчуждения	$V_{е2}$	—	—
Капитальные вложения (руб)	$K_е$	$K_п$	$K_е < K_п$
В том числе:			
до момента отчуждения	$K_{е1}$	$K_п$	$K_п = K_{е1} + K'_{е2}$
за пределами расчетного уровня отчуждения	$K_{е2}$	—	$K_{е2} < K'_{е2}$
Годовые издержки (руб.)	$И_е$	$И_п$	$И_е < И_п$
В том числе:			
до момента отчуждения	$И_{е1}$	$И_п$	$И_п = И_{е1} + И'_{е2}$
за пределами расчетного отчуждения	$И_{е2}$	—	$И_{е2} < И'_{е2}$
Срок освоения (лет)	$T_е$	$T_п$	$T_е > T_п$
В том числе:			
до момента отчуждения	$T_{е1}$	$T_п$	$T_п = T_{е1}$
за пределами расчетного отчуждения	$T_{е2}$	—	—

Компенсационные затраты (долевое участие отрасли, вызывающей отчуждение) определяются как разница: $K_о = K_п - K_е$ или $K_о = K'_{е2} - K_{е2}$; $И_о = И_п - И_е$ или $И_о = И'_{е2} - И_{е2}$. Эти показатели полностью учитываются при расчете абсолютной экономической эффективности объекта-нарушителя. При предварительном выборе параметров и режимов работы объекта-нарушителя расчет сравнительной экономической эффективности производится с учетом фактора времени; за базисный год принимается год отчуждения лесных ресурсов. Естественно, что приведенные к базисному году затраты на лесосводку в естественных условиях будут меньше приведенных затрат в проектных условиях ($K^{пр}_е < K^{пр}_п$, $И^{пр}_е < И^{пр}_п$). Отсюда задача: $(K^{пр}_п - K^{пр}_е) \to \min$; $(И^{пр}_п - И^{пр}_е) \to \min$, решение которой объективно ведет к выбору варианта с действительно неизбежными (минимально возможными) нарушениями лесных ресурсов.

Освоение намечаемых к отчуждению лесных ресурсов ($V_{е2}$) за счет средств, высвобожденных в результате «замораживания» лесоразработок в том же объеме в период $T_{е1}$ за пределами

отчуждаемой территории, также вызовет дополнительные (компенсационные) затраты ($К_о$; $И_о$) в связи с тем, что удельные затраты на единицу объема лесосводки, намечаемой в естественных условиях на более отдаленный период, будут бóльшими. Здесь относительно лучшие и худшие лесные ресурсы осваиваются соответственно в более поздние и ранние сроки, что требует, как и в рассмотренном выше проекте мероприятий, учета фактора времени при расчете сравнительной экономической эффективности вариантных решений по объекту-нарушителю.

Оценка отчуждения лесных ресурсов, которые не разрабатываются, но имеют хозяйственную ценность за пределами расчетного уровня (срока) их отчуждения (второе условие), производится исходя из вышеизложенных принципов для первого условия.

Оценку отчуждения основных фондов предприятий лесной промышленности см. в п. 3.3.

По мнению авторов, полная экономическая оценка лесных угодий, отчуждаемых под строительство ($К^{л}_{о}$; $И^{л}_{о}$) должна включать:

дополнительные затраты по лесосводке и лесоочистке территории, изымаемой под строительство;

стоимость работ по переустройству объектов лесной промышленности и восстановлению их на новом месте;

стоимость работ по восстановлению качества лесов и их полезных функций, утрачиваемых в результате вредного воздействия объектов в процессе строительства и эксплуатации;

ущерб, обусловленный увеличением ежегодных издержек производства в лесном хозяйстве (по аналогии с оценкой сельскохозяйственных земель).

В настоящее время в проектах строительства объектов, как правило, учитываются только затраты по лесосводке и лесоочистке затрагиваемой территории, а также стоимость мероприятий по организации лесозаготовок на новом месте. Однако и этот вид затрат учитывается неполно, особенно при больших площадях отчуждения лесов под строительство. В качестве примера приведем данные по районам, рассмотренным в п. 3.2.1. При создании этих водохранилищ под затопление попадает 1,3 млн га лесов и кустарников. Средняя залесенность и закустаренность территории, отведенной под водохранилища, составляет 42,7 %, а очищается от древесно-кустарниковой растительности 38,8 % этой площади. Стоимость работ по лесосводке, лесоочистке и переустройству объектов лесной промышленности составляет 90 руб. на 1 га лесов и кустарников. По нашей оценке, этот показатель при тех же объемах площади лесоочистки должен составлять 363 руб. на 1 га. При условии полной очистки залесенной и закустарренной площади стоимость увеличивается с 363 до 925 руб. на 1 га (табл. 3.7).

В табл. 3.8 приведена экономическая оценка отчуждения лесов, которая включает затраты на лесоочистку, лесосводку, лесосплав, переустройство объектов лесной промышленности, а также неамортизируемую за период лесосводки и лесоочистки часть общих капитальных вложений.

Таблица 3.7

Стоимость работ по лесосводке, лесоочистке, переустройству объектов лесной промышленности и организации лесозаготовок на новом месте (руб на 1 га затопленных лесов и кустарников)

Район	Принятая в проектах площадь очистки от древесно-кустарниковой растительности (% от общей площади леса и кустарника)	По проектам		По современной оценке	
		при принятой площади лесоочистки	при полной лесоочистке	при принятой площади лесоочистки	при полной лесоочистке
I	44,5	42	95	532	1210
II	60,1	147	244	97	157
III	49,5	40	82	79	157
IV	88,6	75	85	260	290
V	65,2	61	94	109	163
VI	84,9	227	267	520	617
VII	31,3	110	352	54	169
VIII	11,1	28	255	67	617
IX	—	17	—	605	1512
X	33,6	107	318	151	454
XI	46,9	95	203	526	1119
XII	24,1	129	536	442	1839
XIII	16,1	75	463	284	1779
Среднее	38,8	90	235	363	925

Таблица 3.8

Экономическая оценка лесных угодий, отчуждаемых при строительстве водохранилищ

Район	Стоимость мероприятий по лесоочистке (руб. на 1 га площади лесоочистки)	k	Район	Стоимость мероприятий по лесоочистке (руб. на 1 га площади лесоочистки)	k
1 Мурманская область	428	2,5	VII	140	1,2
	756	2,0	VIII	385	1,6
			IX	756	2,0
II	132	1,2	X	303	1,5
III	132	1,2	XI	373	3,0
IV	298	1,5	XII	738	2,5
V	134	1,2	XIII	714	2,5
VI	385	1,6			

Примечание. k — переходный коэффициент от сметной стоимости лесоочистки к общей сметной стоимости мероприятий по лесоочистке, лесоводке и переустройству объектов лесной промышленности.

По предварительной оценке (для предпроектных решений), стоимость работ по восстановлению качества лесов и их полезных функций составляет 30—50 % стоимости лесосводки, лесоочистки, переустройства объектов лесной промышленности и организации лесозаготовок на новом месте.

3.2.3. Оценка отчуждения месторождений полезных ископаемых

В настоящее время отчуждаемые территории с запасами полезных ископаемых в составляемых проектах нового строительства оцениваются весьма неопределенно. При относительно небольших запасах их экономическая оценка в проектах, как правило, не делается вовсе. При значительных объемах такая оценка выражается чаще всего стоимостью системы инженерной защиты месторождения или стоимостью системы мероприятий, обеспечивающих эффективную выработку месторождения при наличии нового объекта. Граница между незначительными и значительными запасами определяется в каждом случае субъективно, волевым методом. В отдельных случаях при очень большом народнохозяйственном значении месторождений, попадающих в зону намечаемого отчуждения, создание соответствующего нового объекта не допускается, причем чаще всего это решение принимается без конкретной экономической оценки отчуждаемых природных ресурсов. Очевидно, что подобная неопределенность оценки природных ресурсов, попадающих в зону отчуждения, не способствует строго объективному, научному определению эффективности новых объектов.

Прежде всего, для экономической оценки необходимо установить наличие, запасы и планируемое освоение месторождений полезных ископаемых в зоне возможного влияния нового объекта. Эти сведения определяются по заданию генерального проектировщика территориальными геологическими управлениями, подведомственными министерствами геологии союзных республик на основании имеющихся фондовых данных. При отсутствии или недостаточности имеющихся фондовых материалов за счет выделяемых на развитие отрасли средств выполняются специальные геологические съемки и поисково-разведочные работы в объеме, необходимом для прогнозирования возможных ресурсов минерального сырья в зоне проектируемого объекта.

Таким образом, возможны два условия: 1) месторождение на момент отчуждения разрабатывается; 2) месторождение не разрабатывается, но имеет хозяйственную ценность в обозримой перспективе (например, в пределах расчетного срока эксплуатации объекта, вызывающего отчуждение). В зависимости от значимости для народного хозяйства затрагиваемых месторождений полезных ископаемых промышленного значения в проекте нового объекта рассматриваются следующие основные варианты мероприятий:

интенсивная разработка действующих и вновь вовлекаемых в производство месторождений с расчетом выработки до момента отвода территории под строительство (при сооружении гидроузлов — это срок начала наполнения водохранилищ);

инженерная защита и специальное обустройство для эксплуатации месторождения в условиях создания объекта-нарушителя;

ликвидация разработок полезных ископаемых в данном месте (например, в зоне водохранилища) и мероприятия по их разработке на новом месте.

Методы оценки отчуждения полезных ископаемых и учет показателей оценки при расчете экономической эффективности объекта-нарушителя аналогичен изложенному для лесных ресурсов (сопоставляются затраты в проектных и бытовых условиях).

Специфичность месторождений даже для одного вида полезных ископаемых не позволяет определить укрупненные показатели стоимости отчуждений. Их оценка должна осуществляться в каждом конкретном случае по соответствующим аналогам, расчетам или единичным расценкам.

3.2.4. Оценка отчуждения ихтиофауны

В настоящее время разработан ряд предложений по оптимизации использования рыбных запасов во внутренних водоемах страны, смысл которых — направленное формирование видового состава ихтиофауны, выбор целесообразной плотности рыбных стад и научно обоснованной формы рыбного хозяйства. Установлены резервы запаса кормов для рыб в водной среде и возможность резкого (в 5—10 раз) увеличения отлова рыбы без ущерба для экологических систем рек и озер. Другими словами, ихтиологи дают рекомендации по превращению рыбных хозяйств из «охотничьих» в своеобразные рыбохозяйственные фермы. В связи со стабилизацией, а возможно, и снижением вылова рыбы в Мировом океане эти рекомендации имеют большую государственную и общечеловеческую ценность, так как их реализация обещает возрастание в пищевом рационе особо необходимых специфических белков.

Между тем рыбные запасы и вылов рыбы из внутренних вод страны, несмотря на принимаемые меры, уменьшается. Самую существенную роль играют в этом неликвидированные побочные отрицательные последствия нового строительства, из которых главные: загрязнение вод промышленными и городскими стоками, снижающее жизнеспособность рыб, изменение бытовых режимов уровней и температуры воды, повышение уровня запыленности. Сказываться эти последствия могут и в период строительства, и спустя несколько лет после ввода в эксплуатацию нового или реконструированного объекта по мере того, как накопление отрицательных для ихтиофауны факторов превысит оптимальные, а затем и предельно допустимые уровни. Эти последствия обусловливают необходимость специальных мероприятий, требующих капитальных вложений. Видимо, на соответствующие отрасли — инициаторы новых решений — следует возложить ответственность за ликвидацию загрязнения. Практически любой новый объект, имеющий даже отдаленные и незначительные по размерам связи с водой, должен оценивать свое возможное отрицательное влияние на рыбу, так как последствия, которые наблюдаются в настоящее время,— по существу, суммарный результат длительного воздействия малозаметных факторов.

Оценка отчуждения ихтиофауны должна производиться как на рыбохозяйственных водотоках и водоемах, так и на тех, которые

имеют потенциальное (в перспективе) рыбохозяйственное значение. В первом случае составляется проект дальнейшего повышения эффективности естественного воспроизводства рыб, во втором — проект рыбохозяйственного освоения в бытовых (существующих) условиях. В них также разрабатываются требования рыбного хозяйства (природоохранные ограничения) к водному режиму реки и качеству воды в связи с предстоящим освоением водных ресурсов и приречных территорий.

Полные затраты ($К_н$; $И_н$) определяются стоимостью следующих мероприятий: регулирования режима уровней воды; мелиорации существующих нерестилищ и расширения их площади; биотической мелиорации и отлова сорных рыб; сооружения средств защиты молоди на водозаборах; мелиорации обсыхающих и промерзающих зон; создания рыбоводных площадей в экстремально тяжелые для рыб годы; улучшения видового состава и увеличения численности кормовых организмов; борьбы с заболеванием рыб; мероприятий по регулированию рыболовства и охране от браконьерства; внедрения селективных способов лова; ликвидации вредных сбросов; строительства рыбозаводов для искусственного рыборазведения; организации рыбных хозяйств, включая подготовку рыбопромысловых участков, отлов и переработку рыбной продукции. Состав, объем и стоимость мероприятий зависит от состояния водотоков и водоемов, включая качество воды, т. е. от конкретных природных и экономических условий объекта природопользования.

Затраты ($К_о$; $И_о$), обусловленные отчуждением, определяются на основе составления аналогичных проектов в условиях предстоящих (действительно неизбежных) изменений, т. е. как разница в затратах на рыбохозяйственные мероприятия в существующих и новых (проектных) условиях. При этом в первую очередь рассматриваются мероприятия, которые предупреждают появление негативных последствий. Необходимо не столько выполнение плана по улову рыбы путем осуществления компенсационных мероприятий (например, создания новых рыбоводческих хозяйств взамен утраченных), сколько сохранение нормативного качества водной среды при намечаемом освоении водотоков и водоемов, что является залогом сохранения рыбопродуктивности.

При расчете эффективности капитальных вложений в освоение водных ресурсов и приречных территорий (включающих $К_о$; $И_о$) учитывается фактор времени осуществления рыбохозяйственных мероприятий.

В табл. 3.9 приведены разработанные авторами укрупненные показатели стоимости рыбохозяйственного освоения водохранилищ.

При наличии в нижнем бьефе гидроузла нерестилищ рыб водохозяйственное строительство может привести к сокращению площади естественных нерестилищ вследствие снижения расходов реки и к уменьшению рыбопродуктивности оставшихся нерестилищ, обусловленному возможным неблагоприятным режимом уровней в недельном и суточном периодах.

Таблица 3.9

Стоимость (руб/га) рыбохозяйственного освоения водохранилищ (без стоимости лесоочистки)

Район	Стоимость	Район	Стоимость
I	13	VIII	8
II	27	IX	15
III	15	X	21
IV	13	XI	8
V	12	XII	8
VI	12	XIII	22
VII	8		

Оценка этого влияния производится на основе следующих зависимостей:

1) площади нерестилищ ($F_н$) от расходов реки (Q): $F_н = f(Q)$;

2) численности поголовья стада рыб ($n_р$) от площади нерестилищ ($F_н$): $n'_р = f(F_н)$ — в естественных условиях; $n''_р = f(F_н)$ — при зарегулированном стоке;

3) ущерба ($У_{нх}$), наносимого народному хозяйству, от сокращения поголовья стада рыб $(n'_р - n''_р)$; $У_{нх} = f(n'_р - n''_р)$.

Расчет ущерба ведется для характерных маловодных, средневодных и многоводных лет (вероятностная оценка) с определением расчетного показателя среднегодового ущерба за многолетний период.

Ущерб народному хозяйству учитывается только при расчете сравнительной и абсолютной эффективности ГЭС путем отнесения его на себестоимость электроэнергии. В проектах гидроузлов (водохранилищ) намечаются конкретные мероприятия, направленные на сохранение рыбных запасов; это прежде всего строительство рыбозаводов для искусственного разведения и выращивания молоди с отнесением затрат на отрасль — инициатора строительства гидроузла. Следует отметить, что наибольшие противоречия возникают между рыбным хозяйством и ирригацией в южных районах страны (например, нерестилища осетровых на р. Сулаке и орошение в Терско-Сулакской низменности).

Как показывают исследования института Водных проблем АН СССР [183], ущерб энергетике от работы по «рыбному» графику незначителен и составляет, например, для Волжско-Камского каскада всего 1,5 % выработки энергии при транспортно-энергетической схеме использования водных ресурсов. При этом возможно сопоставление ущербов, наносимых народному хозяйству в связи с ущемлением интересов рыбного хозяйства и энергетики. Методика оценки стоимости компенсации электроэнергии на внешнем рынке (применительно к гидроэнергетическому компоненту) разработана в Энергетическом институте им. Г. М. Кржижановского [50].

3.2.5. Оценка отчуждения водной среды

Водотоки и водоемы, как отмечалось в п. 1.1, одновременно являются природным ресурсом и элементом природной среды. Как природный ресурс они удовлетворяют многообразные требования водопользователей и водопотребителей. Как элемент природной среды водотоки и водоемы являются важнейшей составляющей экосистемы объекта природопользования, а водный фактор (объем стока, гидрологический режим, скорость потока воды, твердый сток, температуры воды и т. п.) — один из главнейших в формировании экосистемы объекта природопользования и собственно водной среды.

В связи с этим авторы считают, что под отчуждением водной среды следует понимать физическое изъятие (отчленение) акваторий водотоков и водоемов (например, путем строительства дамб и других инженерных сооружений), изменение водного режима (например, путем регулирования стока гидроузлами), изменение русловых процессов (расчистки, спрямление русла, добыча материалов и т. п.), отъем стока (безвозвратное водопотребление в пределах объекта природопользования; переброска части стока в другие бассейны) и, наконец, загрязнение воды в водоисточниках, отрицательно воздействующие на хозяйство и природу.

Таким образом, отчуждение водной среды должно оцениваться, с одной стороны, как результат отрицательных воздействий со стороны отраслей народного хозяйства, с другой — как нарушение экологических и социальных норм качества объекта природопользования (природоохранных и социальных ограничений).

В предыдущих и последующих разделах настоящей главы рассмотрены вопросы социально-экономической оценки отчуждений отдельных природных ресурсов, элементов природной среды и основных фондов, обусловленных изменениями в жизни водотоков и водоемов вследствие их хозяйственного освоения. Здесь рассмотрим вопрос социально-экономической оценки отчуждений, приводящих к ухудшению качества воды в водотоках и водоемах.

На качество воды могут оказывать отрицательное влияние следующие факторы: 1) сброс промышленных и бытовых сточных вод; поступление возвратных вод с орошаемых полей, загрязненных ядохимикатами и удобрениями; смыв токсичных веществ с сельскохозяйственных угодий; водный транспорт и лесосплав; сброс вод ТЭС и АЭС (тепловое загрязнение); 2) регулирование стока рек и озер (обезвоживание в нижних бьефах гидроузлов); 3) безвозвратный отъем стока выше предельно допустимых норм. В этом смысле под отчуждением водной среды понимается как снижение качества воды ниже нормативного уровня, так и ухудшение показателей качества в пределах ПДК.

Общий методологический подход к оценке отчуждений в связи с ухудшением качества воды в водотоках и водоемах, по мнению авторов, должен заключаться в следующем.

1. Оценка предстоящих отчуждений на всех водотоках и водо-

емах независимо от их использования в настоящее время производится с учетом требований, предъявляемых к качеству воды для питьевого и бытового водоснабжения и рыбного хозяйства.

2. В случае когда качество воды в рассматриваемом водоисточнике отвечает требованиям санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных стандартов, возможные отрицательные последствия нового строительства и реконструкции действующих объектов оцениваются как при снижении качества воды ниже нормативного уровня, так и при ухудшении ее показателей, не нарушающем нормативное состояние. Здесь $K_н = K_о$; $И_н = И_о$, т. е. компенсационные затраты определяются стоимостью мероприятий, обеспечивающих качество воды до момента отчуждений.

3. При качестве воды ниже нормативного уровня на момент намечаемого освоения водотоков, водоемов и приречных территорий разрабатываются проекты мероприятий, обеспечивающих нормативное качество воды в бытовых (существующих) и проектных условиях. Разница в затратах и есть долевое участие объекта, вызывающего ухудшение качества воды ($K_о$ включаются в сметную стоимость объекта-нарушителя, а $И_о$ — в себестоимость его продукции). Разумеется, при расчете экономической эффективности мероприятий по хозяйственному освоению водотоков и водоемов учитываются не только $K_о$ и $И_о$, но и эффект от утилизации загрязняющих веществ.

Наиболее изученными в СССР и за рубежом являются вопросы загрязнения водоемов сточными водами. Наибольший вклад в изучение и разработку методов определения экономической оценки последствий загрязнения вод внесли работы ученых Центрального экономико-математического института АН СССР, Института экономики АН СССР и УССР, Всесоюзного научно-исследовательского института по охране вод, Всесоюзного научно-исследовательского института водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной геологии, Всесоюзного научно-исследовательского института экономики и управления водным хозяйством, Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева, Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина, Харьковского политехнического института им. В. И. Ленина, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Ленинградского университета им. А. А. Жданова, Таллинского политехнического института и т. д.

В проводимых ими исследованиях определение экономической оценки последствий загрязнения сводится к учету народнохозяйственных потерь, возникающих в результате загрязнения среды; предлагаются методы расчета потерь в натуральном и стоимостном выражении; приводятся некоторые зависимости между степенью загрязненности среды и ущербом, вызываемым этим явлением и т. п.

Однако несмотря на значительный объем проведенных исследований вопрос стоимостной оценки негативных последствий, наносимых народному хозяйству и окружающей природной среде

загрязнением, до конца еще не решен. До сих пор оценка не охватывает все последствия, не определена также роль результатов оценки в экономических расчетах. Систематизация имеющегося в этой области методического материала [9, 15, 97, 109, 132, 147] позволяет сделать ряд выводов об основных подходах к определению экономической оценки последствий загрязнения водотоков и водоемов.

Во-первых, большинство методических указаний и рекомендаций по стоимостной оценке ущерба от загрязнения водной среды, в том числе и зарубежных, базируется на концепции суммирования частных или локальных ущербов, формирующихся в отраслях народного хозяйства, попадающих в зоны влияния загрязнения.

Во-вторых, как показывает анализ, в настоящее время существуют противоречивые толкования отдельных элементов общего ущерба. Рядом исследователей высказывается точка зрения, согласно которой в основу экономической оценки ущерба должен быть положен только учет потерь национального дохода в натуральном выражении (недобор урожая сельскохозяйственных культур, снижение улова рыбы, сокращение сроков службы зданий, сооружений, техники и т. п.). Не менее распространенной является и другая точка зрения, согласно которой ущерб трактуется как дополнительные затраты на восполнение потерь от загрязнения отдельных компонентов окружающей природной среды, или так называемые компенсационные затраты. Рекомендуется также комбинированный метод экономической оценки ущерба от загрязнения среды, предполагающий учет прямых потерь национального дохода в натуральном и стоимостном выражении и определенной части компенсационных затрат на устранение последствий загрязнения среды.

В-третьих, существуют различия в определении экономической оценки ущерба по стоимости. В одних случаях в качестве показателя рекомендуется использовать закупочную цену конкретного вида продукции, в других — разность между денежной оценкой каждого вида продукции и приведенными затратами на ее получение.

В проектной практике наибольшее признание получила оценка возможных отрицательных последствий загрязнения водных источников дополнительными затратами на очистные сооружения, воспроизводство потерянной продукции, перенос водозаборов предприятий и другие мероприятия, осуществляемые одновременно со строительством объекта-нарушителя.

Различные подходы к определению экономической оценки последствий загрязнения и ее места в экономических расчетах вызывают необходимость разработки единых методических рекомендаций, с помощью которых можно оценивать в денежном выражении народнохозяйственные потери и эффективность затрат на природоохранные мероприятия, предотвращающие эти потери.

Наименее изученным видом загрязнения в настоящее время является так называемое тепловое загрязнение водоемов и водотоков,

обусловленное сбросом циркуляционной охлаждающей воды с тепловых и атомных электростанций, а также с мощных промышленных предприятий. Эта проблема становится все более важной в связи с увеличивающимися масштабами развития теплоэнергетики и особенно атомной энергетики, которые потребуют дополнительного использования водных ресурсов, и в том числе в тех районах, где уже сейчас существует или намечается их дефицит. Поэтому вопрос водообеспечения имеет важное, а иногда решающее значение для размещения ТЭС (АЭС) из-за больших затрат на восполнение безвозвратных потерь воды и защиту водных ресурсов от загрязнения.

Результаты исследований авторами последствий использования многоцелевых водохранилищ как источников гарантированного водообеспечения энергетических установок показали, что состояние эксплуатируемых водохранилищ и их воздействие на различные отрасли народного хозяйства и природную среду значительно изменяются под влиянием получаемой тепловой нагрузки. Следует ожидать, что рост энергетических мощностей в районах с высокой плотностью населения и развитой инфраструктурой с учетом ограниченности «экологической емкости» этих районов может превратиться в серьезную эколого-экономическую проблему.

Ниже рассматривается совокупность вопросов, связанных с экономической оценкой потерь и обоснованием затрат на специальные водоохранные мероприятия, которые, по мнению авторов, должны стать основой для принятия согласованных эколого-экономических решений по защите водотоков и водоемов от теплового загрязнения.

О возможных негативных последствиях теплового загрязнения свидетельствуют следующие данные. Исследования Московского научно-исследовательского института гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана показали, что тепловое загрязнение водоемов может вызвать некоторые заболевания, в первую очередь кишечные. Кроме того, данные электроэнцефалографических исследований указывают на неблагоприятное воздействие на центральную нервную систему человека потребления воды из источника, температура воды которого выше 25 °С. Все эти факторы отражаются на трудоспособности людей, что в конечном счете приводит к потерям национального дохода в связи с сокращением выпуска продукции, дополнительными затратами на медицинские учреждения, оплатой бюллетеней [77].

Промышленность несет дополнительные издержки в результате применения более дорогостоящих методов очистки воды. Повышенная температура воды вызывает коррозию оборудования, что сокращает срок службы основных фондов. Все это обусловливает дополнительные затраты на доставку и подготовку воды, на ремонт и восстановление основных фондов, на сырье и материалы.

Теплоэнергетика, являющаяся основным загрязнителем, терпит ущерб в результате интенсивного зарастания водохранилищ, что

значительно снижает коэффициент полезного действия электростанции. При зарастании 15 % площади водоема-охладителя, двухмесячном цветении водохранилища и загрязнении трубок конденсаторов органическими отложениями, электростанция мощностью 1 млн кВт теряет за год 700 тыс. т условного топлива, или 500 тыс. руб. [77].

В качестве примера можно привести данные натурных исследований Нарвского водохранилища [169]. Из-за сброса подогретых вод Эстонской и Прибалтийской ГРЭС стали интенсивно развиваться процессы всплывания торфяников и зарастания водохранилища. В стадии зарастания находится 70 % длины береговой линии, площадь всплывающих торфяников в 1958 г. составляла 20 км², в 1963 г.— 35 км², в 1980 г.— 38 км²; площадь зарастания — 42 км², или более 22 % всей площади водохранилища. В результате уменьшается полезная емкость водохранилища и водообмен в нем, что обусловливает ухудшение санитарной обстановки. Появились существенные затруднения у водопользователей и водопотребителей в эксплуатации водохранилища.

Значительный ущерб от теплового загрязнения терпит сельское хозяйство. Исследования, проведенные Харьковским сельскохозяйственным институтом им. В. В. Докучаева, показали, что продуктивность животноводства в значительной степени зависит от качества воды. Употребление животными воды повышенной температуры приводит к снижению продуктивности, а в некоторых случаях вызывает заболевание и падеж скота; это вынуждает перегонять скот к новым, чистым, но отдаленным зонам водохранилища.

Тепловое загрязнение наносит значительный ущерб рыбному хозяйству: исчезают холоднолюбивые, наиболее ценные виды рыб; гибнет молодь и кормовые организмы; снижается рыбопродуктивность водоемов от ухудшения условий нереста.

В жилищно-коммунальном хозяйстве требуются дополнительные затраты на расширение, модернизацию и создание новых сооружений по водоподготовке, обеспечивающих необходимое качество воды.

Цветение воды снижает медико-биологическую, спортивно-оздоровительную и экстетическую ценность водохранилищ. Это приводит к необходимости переноса мест отдыха.

Из приведенного краткого обзора видно, что тепловое загрязнение обусловливает увеличение затрат (капитальных или эксплуатационных), необходимых для восстановления качества воды и потерянной продукции, включая биопродуктивность водоемов. Размер этих затрат зависит от температуры воды и от требований отдельных отраслей (объектов) народного хозяйства.

Таким образом, под тепловым загрязнением воды будем понимать превышение фактической температуры воды в водоеме по сравнению с температурой в естественных условиях, приводящее к ухудшению функций водной среды в хозяйстве и природе. Данное явление усугубляется при наличии других видов загрязнения

(химического, радиоактивного, биологического, микробиологического).

Основой для принятия эффективных решений по предотвращению теплового загрязнения водохранилищ является экономическая оценка последствий загрязнения (ущерба) или, иначе, определение издержек загрязнения с последующим обоснованием затрат на водоохранные мероприятия, предупреждающие возникновение этого загрязнения.

Экономическая оценка возможных последствий сброса подогретых вод в водохранилище и экономическое обоснование специальных водоохранных мероприятий должны производиться в определенной последовательности.

На первом этапе определяются показатели качества воды в существующих условиях, т. е. до момента эксплуатации предприятия-загрязнителя. На втором — составляется прогноз изменения качества воды в результате сброса подогретых вод при отсутствии специальных водоохранных мероприятий. После этого устанавливаются возможные значения показателей качества воды, степень теплового загрязнения и дается оценка ожидаемых народнохозяйственных последствий загрязнения водоисточника в натуральных и стоимостных показателях.

На третьем этапе устанавливаются требования к качеству воды в условиях предстоящего водообеспечения ТЭС и АЭС с учетом соответствующих нормативов, а также желаемого качества воды для отдельных водопользователей и водопотребителей. Наконец, на четвертом этапе определяется состав и объем водоохранных мероприятий, обеспечивающих: 1) $t_ф \leqslant t_н$, т. е. температура воды в проектных условиях не превышает нормативного значения; 2) минимальную сумму потерь от последствий сброса подогретых вод ТЭС (АЭС) и затрат на водоохранные мероприятия.

Следует подчеркнуть, что определение в стоимостной форме потерь, связанных с влиянием загрязнения на биологические и технологические объекты, нельзя рассматривать как окончательную народнохозяйственную оценку негативных последствий, если при этом не учитываются затраты на водоохранные мероприятия. Действительно, оценка потерь есть лишь сигнал о возможном неблагополучии, свидетельствующий о степени значимости негативных экологических и экономических последствий использования водотоков и водоемов энергоустановками. Это только основание для выявления необходимости проведения водоохранных мероприятий.

По мнению авторов, следует различать три вида ущерба от теплового и других видов загрязнения: возможный, фактический и предотвращенный. Возможный ущерб — это экономический ущерб, который имеет место в отсутствие водоохранных мероприятий и трактуется как потери в народном хозяйстве трудовых, материальных и финансовых ресурсов, определяемые дополнительными затратами на воспроизводство утраченных потребительных стоимостей. Фактический (остаточный) ущерб — это экономический

ущерб, который имеет место даже при осуществлении специальных водоохранных мероприятий и трактуется как потери потребительных стоимостей, измеряемые дополнительными затратами на компенсацию (воспроизводство) потерь. Предотвращенный ущерб — это разность между возможным и фактическим ущербами.

Здесь важно отметить, что экономический ущерб определяется дополнительными затратами на мероприятия, которые не устраняют самой причины теплового загрязнения. Они осуществляются на тех объектах, где отрицательно сказывается этот вид загрязнения. В качестве же альтернативного (главного) варианта должен рассматриваться комплекс специальных водоохранных мероприятий, входящих в технологический процесс производства на ТЭС (АЭС) и предупреждающих возникновение теплового загрязнения водоемов и водотоков.

В основу предлагаемого метода экономической оценки отчуждений, обусловленных тепловым загрязнением, положено определение дополнительных затрат (капитальных вложений и ежегодных издержек), необходимых для обеспечения нормативного состояния водотоков и водоемов как элементов природной среды (экосистемы) и как природного ресурса, участвующего в производстве.

Использование показателя приведенных затрат необходимо для выбора оптимального решения по предотвращению загрязнения с учетом природоохранных и социальных ограничений.

Специфической особенностью теплового загрязнения является его положительное влияние на отдельные отрасли народного хозяйства. В частности, подогретые воды, сбрасываемые в водохранилища, способствуют удлинению навигационного периода. Исследования, проводимые Ленинградским институтом водного транспорта, под руководством проф. Баланина Н. Н., показали возможность судоходства в зимний период в водохранилищах при рациональном использовании тепла сбросных циркуляционных вод энергоустановок. Эффект от удлинения навигационного периода заключается в экономии затрат на перевозки пассажиров и грузов железнодорожным транспортом.

Вселение растительноядных теплолюбивых рыб дает значительный экономический эффект в виде дополнительной продукции, которую получает народное хозяйство. Одновременно это мероприятие способствует охране водохранилища от зарастания. В теплоэнергетике отпадут за ненадобностью затраты на обогрев водозаборов и других гидротехнических сооружений. Огромный экономический эффект возможен от использования подогретых вод энергоустановок в ирригации, для теплоснабжения зданий, теплиц и других объектов народного хозяйства.

Значительный эффект, непосредственно не связанный с использованием подогретых вод водоемов, получается при включении в технологический процесс производства на ТЭС и АЭС теплоснабжения промышленных и гражданских зданий, теплиц и других объектов народного хозяйства, что в конечном счете существенно сни-

жает тепловое загрязнение, а также затраты на охлаждение воды перед их сбросом.

Таким образом, под экономическим ущербом от последствий взаимодействия в системе водоемы — энергоустановки — окружающая среда следует понимать алгебраическую сумму затрат и эффектов от отрицательных и положительных последствий сброса подогретых циркуляционных вод энергоустановок в водоемы комплексного назначения:

$$У_к = \sum_j^m \sum_i^n З_{ij}^- - \sum_j^m \sum_i^n З_{ij}^+.$$

где $З_{ij}^-$ — суммарный ущерб (по приведенным затратам) на i-е мероприятия по обеспечению условий, предотвращающих использование загрязненной воды или восстанавливающих потерянную продукцию j-ми водопотребителями и водопользователями. $З_{ij}^+$ — суммарный эффект (по приведенным затратам) на i-е мероприятия по получению такого же эффекта в альтернативном варианте j-ми водопотребителями и водопользователями.

Последовательность определения экономической оценки последствий теплового загрязнения водотоков и водоемов (рис. 3.2): 1 — определение изменения условий хозяйственной деятельности; 2 — разработка мероприятий по восстановлению условий хозяйственной деятельности; 3 — расчет дополнительных затрат на мероприятия; 4 — выбор эффективного мероприятия; 5 — определение суммарной экономической оценки возможных последствий; 6 — расчет удельных компенсационных затрат на единицу загрязняющего вещества.

На рис. 3.2 приняты следующие обозначения: $З_{i\text{пв}}$, $З_{i\text{эв}}$ — дополнительные приведенные затраты по вариантам соответственно перенесенного и эталонного водозаборов; $К'$, $Л_i$ — остаточная и ликвидационная стоимость основных фондов прежнего водозаборного сооружения; $З_{i\text{осв}}$ — дополнительные приведенные затраты на освоение и ввод сооружения; $З_{i\text{ск}}$ — дополнительные приведенные затраты, необходимые для развития и эксплуатации дополнительной сети коммуникаций от водозабора территориально закрепленным потребителям хозяйственно-питьевой воды; $И_{ij\text{вп}}$, $К_{ij\text{вп}}$ — эксплуатационные и капитальные затраты в i-й вид водоподготовки у j-го водопотребителя; $з_{\text{зам. в}}$ — замыкающие затраты на воду; $Q_п$ — потери воды, вызываемые избыточной температурой воды в водоеме; $\Delta P^{I}_{i\text{хв}}$, $\Delta P^{II}_{i\text{хв}}$ — снижение продуктивности i-го вида холоднолюбивых рыб вследствие гибели и ухудшения качества; $И^{\text{уд}}_{ij\text{хв}}$, $К^{\text{уд}}_{ij\text{хв}}$ — удельные издержки и капитальные вложения на воспроизводство i-го вида холоднолюбивых рыб при j-м способе компенсации; $\Delta P^{III}_{i\text{тв}}$ — увеличение продуктивности i-го вида теплолюбивых видов рыб; $И^{\text{уд}}_{ij\text{тв}}$, $К^{\text{уд}}_{ij\text{тв}}$ — удельные издержки и капитальные вложения на получение эквивалента i-го вида

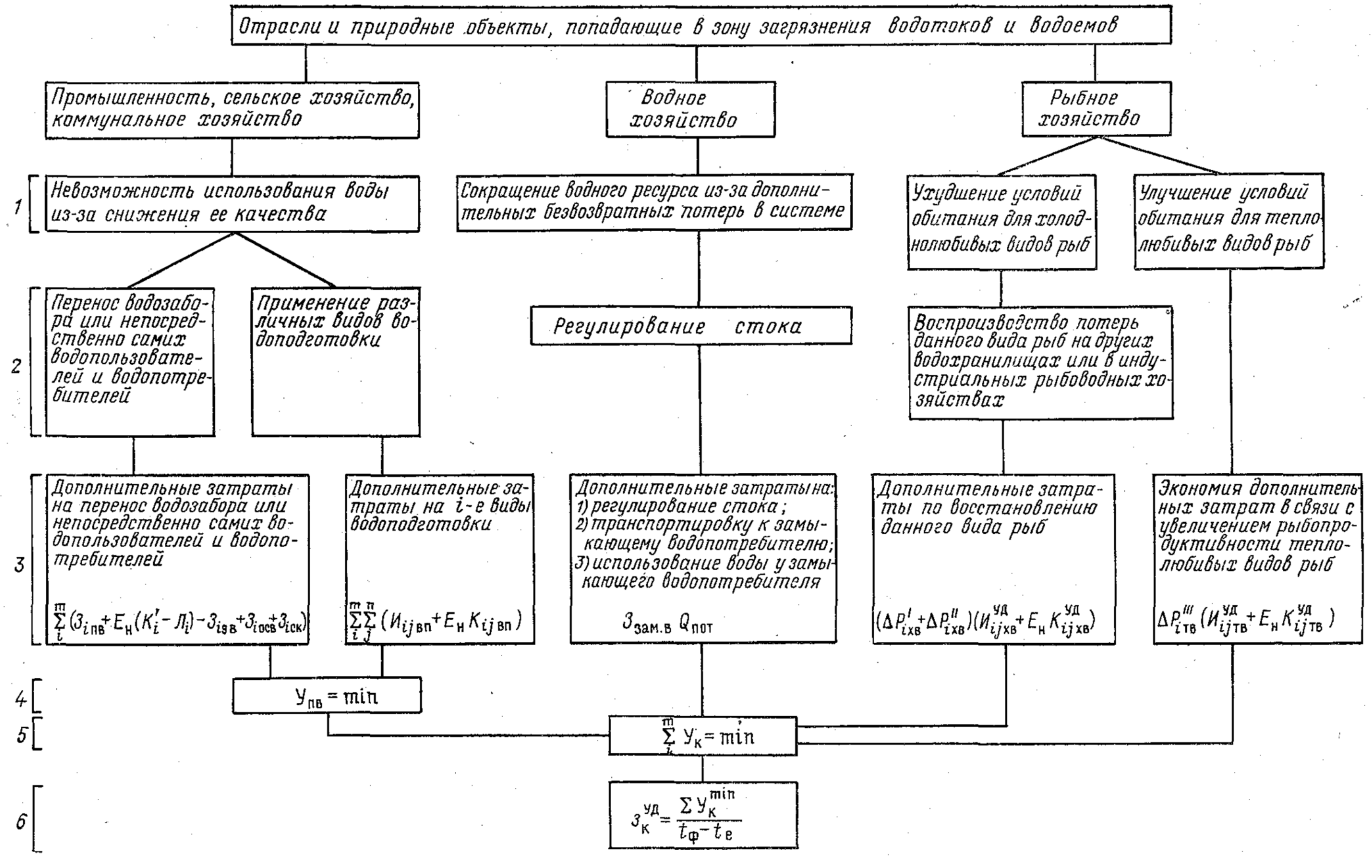


Рис. 3.2. Определение экономической оценки последствий при тепловом загрязнении.

1 — причины изменения условий хозяйственной деятельности, *2* — мероприятия по восстановлению условий хозяйственной деятельности, *3* — экономическая оценка возможных ущербов и эффектов, *4* — выбор мероприятий по минимуму дополнительных затрат, *5* — суммарная экономическая оценка возможных последствий, *6* — удельная экономическая оценка последствий загрязнения.

теплолюбивых рыб при j-м способе их производства; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Найденная оценка $з_к^{уд}$ как было указано, является исходной базой для обоснования специальных водоохранных мероприятий, устраняющих причину возникновения теплового загрязнения, и нахождения оптимального размера затрат на их осуществление в системе водотоки, водоемы — энергоустановки — окружающая среда.

3.3. Оценка отчуждения основных фондов

Оценка отчуждения основных фондов, обусловленного созданием водохранилищ, заключается в расчете стоимости их переустройства по типовым проектам, т. е. с полным учетом действующих нормативов по архитектурно-планировочным, строительным, конструктивным и технологическим вопросам, включая благоустройство, внешние и внутренние инженерные сети и коммуникации и т. д. В проекте рассматриваются и решаются следующие вопросы: техническая возможность и экономическая целесообразность инженерной защиты населенных пунктов, промышленных предприятий, коммуникаций и других объектов; перенос, снос и новое строительство нарушаемых объектов, расширение существующих или организация в необходимых случаях новых населенных пунктов для размещения в них производственных предприятий, административно-бытовых учреждений и переселяемых граждан; инженерное оборудование, коммунальное обустройство и благоустройство новых микрорайонов существующих и вновь создаваемых населенных пунктов; переселение жителей из зоны отчуждения, их бытовое и хозяйственное устройство в новых условиях.

Необходимость выноса строений и сооружений из зоны отчуждения определяется их пригодностью к переносу по конструктивным особенностям и по степени изношенности. В состав работ по переносу входят: разборка строений и сооружений; перевозка материалов, пригодных к использованию при восстановлении строений на новом месте; сборка строений с добавлением новых материалов взамен неизбежных потерь при разборке и транспортировке и вместо изношенных строительных материалов; демонтаж, транспортировка и монтаж на новом месте оборудования; перевозка инвентаря и прочего имущества предприятий, учреждений, организаций и граждан; санитарная обработка территории переносимого объекта.

В состав работ по сносу входят разборка строений и сооружений, демонтаж оборудования, реализация остатков сноса, санитарная подготовка территории сносимого объекта. Взамен сносимых объектов возводятся новые по типовым проектам. Новые объекты обслуживающего назначения намечаются и в том случае, если они требуются по существующим строительным нормам и правилам, а в зоне отчуждения подобные объекты отсутствовали (школы, больницы, клубы, связь, телевидение, дороги, водоснабжение, бани, пекарни и т. п.).

Для учета интересов народного хозяйства в целом и хозрасчетных интересов инициаторов строительства (отчуждения) и владельцев переустраиваемых объектов, основные фонды группируются в зависимости от формы собственности и назначения: дворы (личные владения); колхозно-кооперативные строения и сооружения; государственные строения и сооружения, в том числе совхозные, союзных и республиканских министерств и ведомств; инженерные коммуникации и все элементы благоустройства. Такая дифференциация в значительной степени обусловлена особенностями оценки и компенсации основных фондов, учета стоимостных показателей последствий отчуждения при определении сметной стоимости строительства нового объекта (объекта-нарушителя) и его экономической эффективности.

В проблеме отчуждения основных фондов важное значение имеет обоснование различий в определении долевого участия (компенсационных затрат) отрасли—инициатора строительства (отчуждения) и в учете затрат при расчете экономической эффективности объекта-нарушителя в зависимости от формы собственности отчуждаемых основных фондов и их морального (уровень ниже нормативного) или физического (при нормативном и ниже нормативного уровня) износа. Необходимо обеспечить восстановление нарушаемых основных фондов до нормативного уровня при объективном учете долевого участия отрасли—инициатора строительства (отчуждения) и объективной «разгрузке» затрат, учитываемых при расчете эффективности объекта-нарушителя.

Вид переустройства отчуждаемых основных фондов, являющихся личной собственностью граждан, устанавливается по желанию владельцев дворов: 1) предоставление новой квартиры в государственном жилом фонде или жилого дома, построенного по типовому проекту; 2) перенос строений (если отчуждаемые строения не отвечают нормативному уровню, то их перенос на новое место исключается); 3) выплата компенсации в размере остаточной стоимости (за вычетом износа).

Независимо от уровня нарушаемых строений полные затраты равны компенсационным, т. е. осуществляются по смете объекта-нарушителя, и определяются соответственно стоимостью: 1) сноса строений и нового строительства; 2) переноса строений (при нормативном уровне); 3) сноса строений и выплатой их остаточной стоимости.

При расчете экономической эффективности строительства объекта-нарушителя учитываются затраты на снос строений и их остаточная стоимость, а при переносе строений — стоимость соответствующих работ. Во всех случаях учитываются затраты на переселение населения, включая компенсацию их заработка за время переезда, оплату найма временных квартир за период переноса и восстановления строений, а также выплата неиспользованных вложений переселенцев в садово-огородные участки.

Вид переустройства и восстановления отчуждаемых колхозно-кооперативных и государственных основных фондов принимается

на основе рекомендаций местных советских органов, предприятий, организаций и учреждений по согласованию с соответствующими министерствами и ведомствами: новое строительство; перенос (при нормативном уровне основных фондов), ликвидация объектов.

При нормативном уровне отчуждаемых основных фондов полные и компенсационные затраты одинаковы и определяются соответственно стоимостью: сноса и нового строительства; переноса; сноса (государственные фонды списываются с баланса владельца); сноса и балансовой стоимостью фондов за вычетом износа для колхозно-кооперативной собственности.

При уровне ниже нормативного компенсационные затраты определяются: при новом строительстве стоимостью сноса и остаточной балансовой стоимостью основных фондов как для колхозно-кооперативной, так и для государственной собственности; при ликвидации объектов колхозно-кооперативной собственности — стоимостью сноса и остаточной балансовой стоимостью; государственной собственности — стоимостью сноса при списании фондов с баланса владельца.

При расчете экономической эффективности объекта, обусловившего отчуждение основных фондов, учитываются затраты на выполнение работ по сносу и остаточная балансовая стоимость, при переносе — стоимость переноса.

Указанные методы социально-экономической оценки касаются отчуждений, вызванных физическим изъятием территории, занятой основными фондами. При ухудшении условий эксплуатации действующих объектов народного хозяйства определяются мероприятия и соответствующие затраты для обеспечения нормативного уровня ($К_н$; $И_н$), а компенсационные затраты ($К_о$; $И_о$) определяются стоимостью работ на восстановление нарушенных условий. Компенсационные затраты учитываются при расчете экономической эффективности объекта, вызвавшего отчуждение.

Проекты переустройства нарушаемых дорог и мостов должны обеспечить нормальные транспортные условия для всех переустраиваемых объектов, а также для объектов, не попавших в зону отчуждения, но пользующихся этими дорогами. Переустройство осуществляется по действующим строительным нормам и правилам в соответствии с генеральной схемой развития дорожной сети общесоюзного и республиканского значения и схемами районных планировок и проектов нового размещения объектов, выносимых из зоны отчуждения.

Полные затраты на эти цели определяются по стоимости создания новых транспортных коммуникаций, техническая категория которых устанавливается с учетом перспективной интенсивности движения, а компенсационные затраты определяются стоимостью работ на сооружение новых дорог, восстанавливающих нарушенные транспортные связи и соответствующих нарушенным по технической категории. Здесь $К_о$ и $И_о$ полностью учитываются при расчете эффективности объекта.

В случае ликвидации дорог и других коммуникационных объектов из-за нецелесообразности их восстановления в новых условиях инфраструктуры их остаточная стоимость списывается с баланса владельцев и не учитывается при расчете эффективности объекта-нарушителя.

Указанный выше метод применяется для оценки отчуждений линий электропередачи и связи, радиофикации, трубопроводов, газопроводов, кабелей и т. п.

В табл. 3.10 и 3.11 приведены предлагаемые авторами форма и содержание УПС выноса из зоны водохранилищ и переустройства строений на примере индивидуальных жилых домов. УПС благоустройства новых мест вселения и санитарной подготовки территории, отводимой под водохранилище, помещены в табл. 3.12.

Таблица 3.10

УПС (руб/м³) выноса индивидуальных жилых домов из зоны водохранилища

Район	Деревянные строения (перенос)			Кирпичные строения (снос с выплатой их остаточной стоимости)		
	при объемах жилых домов, м³					
	100	150	250	100	150	250
I	12,51	11,34	10,53	17,00	16,26	15,07
II	9,55	8,66	8,04	13,00	12,45	11,54
III	10,12	9,18	8,54	13,80	13,20	12,23
IV	9,40	8,51	7,92	12,85	12,29	11,39
V	9,83	8,92	8,27	13,44	12,85	11,91
VI	9,89	8,97	8,33	13,52	12,94	12,00
VII	10,24	9,28	8,63	13,93	13,33	12,36
VIII	10,92	9,90	9,19	14,91	14,27	13,23
IX	12,32	11,19	10,39	16,81	16,09	14,91
X	10,35	9,38	8,73	14,15	13,53	12,55
XI	9,99	9,06	8,40	13,60	12,99	12,05
XII	10,33	9,35	8,71	14,03	13,41	12,43
XIII	11,01	9,98	9,26	15,01	14,36	13,32

Примечания: 1. Для других объемов жилых домов стоимость 1 м³ строения определяется интерполяцией или экстраполяцией.— 2. Для определения УПС выноса жилых домов государственной и колхозно-кооперативной собственности вводятся коэффициенты к УПС выноса жилых домов личной собственности соответственно 1,15 и 1,10.— 3. Общая стоимость выноса строений, в том числе надворных (вспомогательных), определяется по удельному весу стоимости выноса жилого дома в общей стоимости выноса всех строений, который принят в размере 70 % для УПС индивидуальных и колхозно-кооперативных строений и 90 % для УПС государственных строений.— 4. УПС для других вариантов восстановления и компенсации жилых домов определяется для всех форм собственности коэффициентами к табл. 3.10 (с учетом п. 2 примечания). Эти коэффициенты приведены в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Переходные коэффициенты к табл. 3.10 для вариантов восстановления и компенсации жилых домов

Вариант	Коэффициент
Деревянные строения	
Перенос (табл. 3.10)	1,00
Снос с выплатой остаточной стоимости	0,98
Снос и новое строительство домов:	
деревянных	1,69
кирпичных	2,20
Кирпичные строения	
Снос с выплатой остаточной стоимости (табл. 3.10)	1,00
Снос	0,14
Снос и новое строительство кирпичных домов	1,57

Таблица 3.12

УПС (% от стоимости выноса строений) благоустройства новых мест вселения и санитарной подготовки территории, отводимой под водохранилище

Мероприятие	УПС
Водоснабжение, электрификация, связь, планировочные и другие работы по благоустройству мест вселения; переселение населения; перебазирование оборудования, инвентаря и мебели	30
Санитарная подготовка территории строительства (без лесоочистки)	5

В табл. 3.13 и 3.14 даны УПС на восстановление дорог, линий электропередачи и связи. При необходимости возможно дифференцировать УПС линий электропередачи и связи в зависимости от напряжения, типа линий, количества цепей и других характеристик [97].

Таблица 3.13

УПС (руб/км) восстановления автомобильных дорог

Район	Категория трудоемкости строительства	Категория дороги										
		I	II		III			IV			V	
		Усовершенствованные капитальные, 2×3,75 м	Усовершенствованные капитальные, 2×3,75 м	Усовершенствованные облегченные, 2×3,75 м	Усовершенствованные капитальные, 2×3,5 м	Усовершенствованные облегченные, 2×3,5 м	Переходные, 2×3,5 м	Усовершенствованные облегченные, 2×3,0 м	Переходные, 2×3,0 м	Низшие, 2×3,0 м	Переходные 4,5 м	Низшие, 4,5 м
I	I	707	363	290	198	162	145	126	100	73	64	36
	II	816	416	363	263	218	173	154	117	90	81	45
	III	—	634	581	408	339	307	290	218	162	154	109
II	I	534	273	219	150	123	109	96	75	54	47	28
	II	615	315	273	198	165	129	116	88	69	62	34
	III	—	478	438	307	260	232	219	165	123	116	82
III	I	545	280	223	152	126	113	97	76	56	50	28
	II	623	322	278	202	167	133	119	91	70	63	35
	III	—	488	445	313	265	236	223	166	126	117	83
IV	I	586	300	241	166	134	120	105	82	59	53	30
	II	676	345	300	218	179	143	128	97	75	68	38
	III	—	526	482	336	286	257	241	180	134	128	91
V	I	548	281	225	155	127	114	99	77	56	48	28
	II	771	323	281	203	168	133	120	92	71	63	35
	III	—	491	449	316	267	241	225	168	127	120	85

	I	553	283	227	156	128	114	99	79	56	50	28
VI	II	638	325	283	204	169	134	121	93	71	63	35
	III	—	495	454	318	270	241	227	169	127	120	86
	I	724	357	286	196	160	143	125	99	71	63	36
VII	II	805	411	357	259	215	169	152	116	88	80	45
	III	—	626	572	402	340	304	286	215	161	151	108
	I	657	336	270	185	151	134	117	93	68	59	34
VIII	II	757	387	336	244	202	160	143	109	85	76	42
	III	—	589	538	379	319	287	270	202	151	143	100
	I	1010	518	414	284	234	207	182	143	104	91	52
IX	II	1165	595	518	375	311	246	220	168	129	116	65
	III	—	906	829	582	492	440	414	311	234	220	155
	I	691	355	283	195	160	142	123	97	70	63	35
X	II	796	408	355	258	213	168	150	115	88	80	45
	III	—	620	567	399	336	300	283	213	160	150	105
	I	742	381	305	209	172	152	133	104	76	65	38
XI	II	857	438	381	275	229	180	161	123	96	85	47
	III	—	667	609	427	362	323	305	229	171	161	114
	I	765	392	313	215	175	157	138	108	79	68	39
XII	II	881	450	392	284	235	186	167	128	99	88	50
	III	—	685	699	442	371	333	313	244	175	167	117
	I	822	421	336	231	190	168	148	116	85	73	42
XIII	II	947	484	421	305	253	200	178	136	105	94	52
	III	—	737	674	474	399	358	336	253	190	178	126

Примечание. I — равнинный, II — пересеченный, III — горный районы.

Таблица 3.14

УСП (руб/км) восстановление линий электропередачи и связи

Район	Линии электропередачи		Линии связи
	деревянные опоры	металлические и железобетонные одно- и двухцепные опоры	
I	13,7	30,0	1,9
II	12,5	27,7	1,7
III	12,5	27,8	1,7
IV	13,1	28,8	1,8
V	12,7	29,2	1,7
VI	12,9	28,9	1,7
VII	14,0	30,6	1,9
VIII	14,9	29,5	2,1
IX	19,6	42,6	2,7
X	14,5	31,9	1,9
XI	14,4	32,2	1,9
XII	14,6	32,3	1,9
XIII	16,9	33,0	2,3

3.4. Оценка отчуждения на водном транспорте

Отчуждения на водном транспорте могут быть вызваны главным образом изменением водного режима рек в нижних бьефах гидроузлов. Оценку рекомендуется осуществлять исходя из следующих основных положений.

За расчетный уровень плановых перевозок пароходств, формируемых с учетом полного использования наличной провозной способности в естественных условиях реки, принимается год сдачи гидроузла в эксплуатацию. Обеспечение плана водно-транспортных перевозок ($V_{втп}$) при расчетном расходе воды в створе гидроузла ($Q_{ест}$) требует определенного транспортного и технического флота, характеризующегося стоимостью основных фондов ($K_{вт}$) и ежегодными эксплуатационными расходами ($И_{вт}$).

Рассматривается вариант энергетического использования водных ресурсов, т. е. без учета требований водного транспорта. В случае если расходы воды в реке в навигационный период в зарегулированных условиях будут меньше естественных: $Q_{зарег} < < Q_{ест}$, ухудшение судоходных условий обусловит недовыполнение плановых перевозок. Это приведет к невыполнению планового объема производства продукции (по количеству, качеству и ассортименту) в соответствующих отраслях народного хозяйства.

Ущерб народному хозяйству ($У_{чп}$), вызываемый нарушением планового материального баланса производства продукции в связи с дефицитом воднотранспортных перевозок, оценивается по ожидаемому снижению национального дохода общества (чистой продукции или прибыли в конкретных отраслях народного хозяйства).

Предотвращение ущерба возможно путем реконструкции речного флота, потребующей дополнительных капитальных вложений в создание основных фондов ($\Delta K_{о}^{вт}$) и эксплуатационных расходов ($\Delta И_{о}^{вт}$). Альтернативным вариантом в этом случае принимается другая транспортная схема (железнодорожный, автомобильный транспорт, трубопроводы и т. п.) с соответствующими дополнительными затратами ($\Delta K_{о}^{зт}$; $\Delta И_{о}^{зт}$). Выбор осуществляется по минимуму приведенных затрат ($З_{о}^{вт} \gtrless З_{о}^{зт}$).

Выбранный вариант по обеспечению плановых перевозок грузов оценивается по показателю абсолютной экономической эффективности:

$$Э_{вт\,(зт)} = \frac{У_{чп} - \Delta И_{о}^{вт\,(зт)}}{\Delta K_{о}^{вт\,(зт)}} \geqslant E_{чп},$$

где $Э_{чп}$ — норматив общей (абсолютной) эффективности. При $Э_{вт(зт)} < E_{чп}$ определяется значение минимально необходимого («безоговорочного») водно-транспортного попуска воды в нижний бьеф гидроузла ($\Delta Q_{вт}$), обеспечивающего снижение $\Delta K_{о}^{вт\,(зт)}$ до размера, при котором соблюдается условие: $Э_{вт(зт)} = E_{чп}$.

При транспортно-энергетической схеме использования водных ресурсов выбор варианта регулирования стока определяется по минимальным суммарным приведенным затратам в энергетике и водном транспорте путем построения графических зависимостей: $З_{вт} = \varphi(Q)$; $З_{эн} = \varphi(Q)$; $З_{вт} + З_{эн} = \varphi(Q)$. Минимальное значение Q принимается по условиям санитарно-гигиенических требований к попускам воды в нижний бьеф: $Q_{min} < Q_{ест}$; максимальное — с полным учетом требований водного транспорта в навигационный период: $Q_{max} \geqslant Q_{ест}$.

Указанные выше графические зависимости характеризуются следующими показателями: при Q_{min} $З_{эн} \to min$, $З_{вт} \to max$; при Q_{max} $З_{эн} \to max$, $З_{вт} \to min$.

Глава 4. Экономическая оценка водотоков и водоемов с учетом природоохранных и социальных ограничений

4.1. Методологические основы экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования

Особенности экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования связаны прежде всего с необходимостью учета водного фактора при существующих и проектных (плановых) условиях. Требуется установить зависимость полезности экологических, социальных и экономических потребительских свойств приречных территорий от различных факторов водного режима рек, озер и водохранилищ, выявить объективно обусловленные ограничения по изменению водного режима водотоков с точки зрения социального фактора и сохранения экосистемы. На этой основе увязываются требования отраслей (объектов) народного хозяйства к водному режиму и использованию водотоков, водоемов и окружающих их территорий путем формирования водохозяйственных комплексов на определенный расчетный уровень.

Авторы считают, что в конечном счете оценка необходима для решения задачи по выбору оптимального варианта хозяйственного освоения объекта природопользования для удовлетворения определенной общественной потребности при данных общественно необходимых условиях производства. При исследовании сущности экономической оценки водотоков и водоемов принят следующий методологический подход, иллюстрируемый на примере строительства гидроузлов комплексного назначения.

Под объектом природопользования понимается собственно водоток и территория в пределах возможного изменения водного режима реки при строительстве гидроузлов. Оцениваемая территория, в которую входит водное зеркало водотоков и водоемов, ограничивается в верхнем бьефе гидроузла — зоной распространения подпора грунтовых вод со стороны водохранилища, но не ниже (по высотному положению) границы затопления при уровнях воды в реке 1 %-ной обеспеченности (вероятности) повторения в естественных условиях от створа гидроузла до зоны выклинивания подпора реки водохранилищем; в нижнем бьефе гидроузла — по длине реки, где изменяется водный режим, а по высотному расположению — в пределах зоны затопления при уровнях воды 1 %-ной вероятности повторения в естественных условиях.

Специальная оценка осуществляется для условий: 1) естественного (существующего) водного режима и сложившегося состава

отраслей (объектов) и использования ими приречной территории и водотока; 2) максимального удовлетворения требований одной из отраслей к водному режиму и использованию водотока и приречной территории, т. е. вариантно — каждый вариант характеризуется своим комплексом отраслей (ведущей отраслью и прочими отраслями).

При первом условии дается оценка как фактическая, так и с учетом необходимых экологических и социальных ограничений, если последние нарушены. При втором условии количество вариантов оценок определяется составом отраслей народного хозяйства. Каждый вариант оценивается без учета и с учетом указанных выше ограничений.

Оценка производится с учетом всех видов водопользователей, водопотребителей и землепользователей, т. е. осуществляется в разрезе отдельных отраслей (объектов) «на суше» и «на воде» с последующим определением интегральной оценки в целом по объекту природопользования.

Показатели специальной оценки приречной территории используются для определения возможных вариантов регулирования стока. Последующая оценка в проектных условиях предназначена для выбора оптимальных параметров гидротехнических сооружений и режима их работы. Оценка производится на современный уровень развития и на перспективу, т. е. при планировании капитальных вложений на дальнейшее развитие отраслей в пределах объекта природопользования.

Общая оценка осуществляется для условий выполнения определенного плана производства конкретных видов продукции и услуг на тот или иной расчетный уровень (период) для условий: 1) естественного (существующего) водного режима; 2) различных вариантов регулирования стока реки.

Предметом специальной и общей оценки является пространственно ограниченный комплекс с определенными потребительскими свойствами при данном уровне развития производительных сил общества; критерием специальной оценки является обеспечение максимальной экономической продуктивности объекта природопользования; критерием общей оценки является обеспечение плана производства конкретных видов продукции и услуг; показателями специальной оценки являются чистая продукция, прибыль, дифференциальная рента, показателями общей оценки — чистая продукция, прибыль. Оценка объекта природопользования по указанным показателям производится в расчете на 1 м^3 среднегодового стока реки и на 1 га территории, включая водное пространство, в пределах принятого выше пространственно ограниченного комплекса.

Рассмотрим последовательность (этапы) проведения оценочных работ.

Первый этап осуществляется для естественного (существующего) водного режима и сложившегося состава и уровня развития отраслей (объектов) народного хозяйства и использования

водотока и приречной территории; экологические и социальные условия могут быть: 1) не нарушены, 2) нарушены.

В первом случае результат оценки

$$O_{\text{чп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} П_{\text{чп}}}{Q_{\text{г}}\,(S_{\text{оп}})} \tag{4.1}$$

принимается при удовлетворении условия

$$E_{\text{фчп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} П_{\text{чп}}}{\sum_{i=1}^{m} (Ф_{\text{о}} + C_{\text{об}})} \geqslant E_{\text{нчп}}, \tag{4.2}$$

где $O_{\text{чп}}$ (руб/м^3, руб/га) — оценка объекта природопользования по чистой продукции[1]; $\sum_{i=1}^{m} П_{\text{чп}}$ (руб.) — суммарный объем чистой продукции за год; $Q_{\text{г}}$ (м^3) — среднегодовой сток реки; $S_{\text{оп}}$ (га) — площадь территории объекта природопользования; m — количество отраслей (объектов) народного хозяйства; $(Ф_{\text{о}} + C_{\text{об}})$ — среднегодовая стоимость основных фондов и оборотных средств; $E_{\text{фчп}}$ — фактический коэффициент общей эффективности по чистой продукции; $E_{\text{нчп}}$ — нормативный коэффициент общей эффективности по чистой продукции.

При $E_{\text{фчп}} < E_{\text{нчп}}$ оценка корректируется путем определения затрат, обеспечивающих прирост чистой продукции ($\Delta П_{\text{чп}}$) для удовлетворения условия $E_{\text{фчп}} = E_{\text{нчп}}$. Предпочтение отдается тем отраслям, где $\Delta П_{\text{чп}}$ достигается при минимуме приведенных затрат ($И + \text{Е}_{\text{н}} K$) в расчете на м^3 (га).

Если достижение $\Delta П_{\text{чп}}$ приводит к необратимому нарушению экологических или социальных условий, то максимальное значение $\Delta П'_{\text{чп}}$ определяется с учетом природоохранных (поо) или социальных ограничений (со). Авторы считают, что $\Delta П_{\text{чп}}^{\text{поо(со)}} = \Delta П_{\text{чп}} - \Delta П'_{\text{чп}}$ (здесь возможен предельный случай, когда $\Delta П'_{\text{чп}} = 0$) есть показатель экономической оценки экологических и социальных условий при данном уровне развития производительных сил общества. Последнее может служить основанием для установления «откорректированного» коэффициента общей эффективности по чистой продукции: $E'_{\text{нчп}} < E_{\text{нчп}}$.

В случае когда возможные нарушения экологических и социальных условий предотвращаются путем осуществления природоохранных мероприятий (пом) и обеспечивается $\Delta П_{\text{чп}}$, затраты на природоохранные мероприятия ($K_{\text{пом}}$) полностью относятся на от-

[1] Аналогичная оценка производится по показателю прибыли.

расли (объекты) народного хозяйства при условии:

$$E_{\text{фчп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} + \Delta П_{\text{чп}})}{\sum_{i=1}^{m} (K_{\text{ф}} + K'_{\text{ф}} + K_{\text{пом}})} = E_{\text{нчп}}, \tag{4.3}$$

где $K_{\text{ф}}$ — среднегодовая стоимость основных фондов и оборотных средств; $K'_{\text{ф}}$ — капитальные вложения в развитие отраслей до норматива эффективности при осуществлении затрат ($K_{\text{пом}}$) на природоохранные мероприятия.

При $E_{\text{фчп}} < E_{\text{нчп}}$ затраты на природоохранные мероприятия представляются в следующем виде:

$$K_{\text{пом}} = K^{\text{о}}_{\text{пом}} + K^{\text{гб}}_{\text{пом}}, \tag{4.4}$$

где $K^{\text{о}}_{\text{пом}}$ — затраты, относимые на отрасли; $K^{\text{гб}}_{\text{пом}}$ — централизованные госбюджетные ассигнования на природоохранные мероприятия.

$$K^{\text{о}}_{\text{пом}} = \sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} + \Delta П_{\text{чп}}) T_{\text{н}} - \sum_{i=1}^{m} (K_{\text{ф}} + K'_{\text{ф}}), \tag{4.5}$$

где $T_{\text{н}}$ — нормативный срок окупаемости капитальных вложений.

Отнесение затрат $K^{\text{о}}_{\text{пом}}$ на отрасли производится пропорционально получаемой ими чистой продукции с учетом отраслевого норматива эффективности.

При наличии природоохранных и социальных ограничений, которые объективно не могут быть полностью компенсированы за счет $K_{\text{пом}}$ при достижении $\Delta П_{\text{чп}}$ оценка объекта природопользования осуществляется с учетом $\Delta П^{\text{поо(со)}}_{\text{чп}} = \Delta П_{\text{чп}} - \Delta П'_{\text{чп}}$, т. е.:

$$O_{\text{чп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} + \Delta П'_{\text{чп}})}{Q_{\text{г}} (S_{\text{оп}})}. \tag{4.6}$$

Очевидно, что без госбюджетных ассигнований здесь должно иметь место следующее неравенство:

$$E_{\text{фчп}} < E'_{\text{фчп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} + \Delta П'_{\text{чп}})}{\sum_{i=1}^{m} (K_{\text{ф}} + K'_{\text{ф}} + K_{\text{пом}})} < E_{\text{нчп}}. \tag{4.7}$$

На первом этапе специальной оценки объекта природопользования в том случае, когда имеет место нарушение экологических и социальных условий, возможно: 1) $E_{\text{фчп}} > E_{\text{нчп}}$; 2) $E_{\text{фчп}} < E_{\text{нчп}}$.

При $E_{\text{фчп}} > E_{\text{нчп}}$ учет природоохранных и социальных ограничений путем восстановления нарушенного равновесия может осуществляться вариантно при соответствующих объективных предпосылках: 1) за счет свертывания производства в отраслях-нарушителях, что приведет к снижению $\sum_{i=1}^{m} П_{\text{чп}}$ и соответственно показателя оценки по чистой продукции ($O'_{\text{чп}} < O_{\text{чп}}$). Минимальный суммарный объем чистой продукции $\sum_{i=1}^{m} П'_{\text{чп}}$ определяется соблюдением условия: $E_{\text{фчп}} = E_{\text{нчп}}$. В противном случае ($E_{\text{фчп}} < E_{\text{нчп}}$) требуется корректировка коэффициента общей эффективности по чистой продукции: $E'_{\text{нчп}} < E_{\text{нчп}}$. Показателем экономической оценки нарушения экологических и социальных условий и в этом случае является величина $П^{\text{поо (со)}}_{\text{чп}} = \sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} - П'_{\text{чп}})$;

2) за счет осуществления единовременных ($K_{\text{пом}}$) и текущих затрат ($И_{\text{пом}}$) на природоохранные мероприятия:

$$O_{\text{чп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} - И_{\text{пом}})}{Q_{\text{г}} (S_{\text{оп}})} \tag{4.8}$$

при удовлетворении условия:

$$E_{\text{фчп}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} (П_{\text{чп}} - И_{\text{пом}})}{\sum_{i=1}^{m} (K_{\text{ф}} + K_{\text{пом}})} \geqslant E_{\text{нчп}}. \tag{4.9}$$

В случае невозможности соблюдения условия (4.9) решается задача по определению $K^{\text{о}}_{\text{пом}}$, $K^{\text{гб}}_{\text{пом}}$ или $E'_{\text{нчп}} < E_{\text{нчп}}$.

3) за счет осуществления (оптимального сочетания) рассмотренных выше двух первых мер.

При $E_{\text{фчп}} < E_{\text{нчп}}$, т. е. когда одновременно выявлены и недостаточная эффективность производства, и нарушение экологических и социальных факторов, вопрос оценки объекта природопользования в условиях возможного восстановления нарушенного равновесия в хозяйстве и природе рассматривается с учетом:

1) определения размера капитальных вложений в развитие отраслей (получение $\Delta П_{\text{чп}}$), не вызывающее дальнейшего ухудшения экологических и социальных условий при следующем ограничении:

$$E_{\text{фчп}} < E'_{\text{фчп}} = E_{\text{нчп}}; \tag{4.10}$$

2) определения затрат на природоохранные мероприятия ($K_{\text{пом}}$, $И_{\text{пом}}$) и их влияния на $\sum_{i=1}^{m} П_{\text{чп}}$. При росте, отсутствии роста или

снижении объема чистой продукции решается задача по определению $K^{о}_{пом}$, $K^{гб}_{пом}$ или $E'_{нчп} < E_{нчп}$;

3) осуществления затрат (их оптимального сочетания) на рассмотренные выше мероприятия, направленные на развитие отраслей (объектов) народного хозяйства и охрану природы.

Подчеркиваем, что на первом этапе оценочных работ капитальные вложения в объект природопользования предусматриваются только для создания нормальных условий производства (не ниже действующего или вновь установленного норматива эффективности) с учетом охраны или восстановления природных и социальных факторов (норм качества окружающей среды).

Второй этап оценочных работ осуществляется на основе данных первого этапа. Оценка производится при тех же условиях естественного (существующего) водного режима реки, без изменения сложившегося состава отраслей (объектов) народного хозяйства и использования территории и водотока на определенный перспективный расчетный уровень развития, требующего капитальных вложений в мероприятия по упорядочению водопользования и землепользования, на мелиоративные работы, на внедрение более совершенной технологии производства, новейших средств и предметов труда, на социальные и природоохранные мероприятия.

Методология оценочных работ на этом этапе соответствует изложенной выше и основным условием остается учет природоохранных и социальных ограничений (требований) и соблюдение нормативной эффективности производства по показателю чистой продукции.

Итак, на первом и втором этапах оценочных работ не ставится задача оценки объекта природопользования в составе оптимального плана по составу и размещению землепользователей, водопользователей и водопотребителей, т. е. по ассортименту и объему производства на базе приречной территории и водотока. Здесь оцениваются сложившиеся условия с позиции сегодняшнего и завтрашнего дня, определяется степень влияния отдельных отраслей (объектов) народного хозяйства на экономическую продуктивность объекта природопользования, оценивается «экологическая емкость» района в пределах возможного влияния изменения водного режима реки при гидротехническом строительстве или изменении режима работы действующего гидроузла. Результаты этой оценки являются исходной информацией для всех последующих видов оценок и базой для сравнения различных вариантов принимаемых решений.

Третий этап оценочных работ преследует задачу вариантной оценки объекта природопользования для условия максимального удовлетворения требований одной из отраслей к водному режиму и использованию водотока и приречной территории. Как указывалось выше, количество вариантов оценок определяется составом отраслей народного хозяйства. Последовательность вариантов оценок зависит от ведущей отрасли и определяется ранжированием

отраслей по объему чистой продукции (результат второго этапа оценки): 1, 2, 3, ..., m отрасли.

Очевидно, что результаты оценок должны удовлетворять следующим условиям с учетом неизбежных отчуждений в хозяйстве и природе:

$$1)\quad \sum_{i=1}^{m} П_{чп}^{с_п} < \sum_{i=1}^{m} П_{чп}^{п} = П_{чп}^{п_1} + \sum_{i=1}^{m-1} П_{чп}^{п}, \tag{4.11}$$

где $\sum_{i=1}^{m} П_{чп}^{с_п}$ — суммарный объем чистой продукции при существующем водном режиме и сложившемся составе отраслей народного хозяйства и использовании территории и водотока в условиях перспективного расчетного уровня (результат второго этапа оценки); $\sum_{i=1}^{m} П_{чп}^{п}$ — суммарный объем чистой продукции при максимальном удовлетворении требований одной из отраслей народного хозяйства; $П_{чп}^{п_1}$ — объем чистой продукции ведущей отрасли $(П_{чп}^{п_1} > П_{чп}^{с_{п_1}})$; $\sum_{i=1}^{m-1} П_{чп}^{п}$ — суммарный объем чистой продукции прочих отраслей $\left(\sum_{i=1}^{m-1} П_{чп}^{п} \gtrless \sum_{i=1}^{m-1} П_{чп}^{с_п}\right)$;

$$2)\quad E_{фчп} < E_{фчп}^{п} = \frac{П_{чп}^{п_1} + \sum_{i=1}^{m-1} П_{чп}^{п}}{\sum_{i=1}^{m} \left(K_{ф}^{с_п} \pm K_{ф}^{п} + K_{о} + K_{пом}^{с_п} \pm K_{пом}^{п}\right)} \geqslant E_{нчп}, \tag{4.12}$$

где $K_{ф}^{с_п}$ — среднегодовая стоимость основных фондов и оборотных средств в условиях второго этапа оценки; $+K_{ф}^{п}$ — дополнительные капвложения в создание основных фондов и оборотных средств, включая затраты на мероприятия, обеспечивающие максимально возможное удовлетворение требований ведущей отрасли; $-K_{ф}^{п}$ — стоимость выбывших основных фондов и оборотных средств; $K_{о}$ — капвложения, обусловленные отчуждением природных ресурсов и основных фондов; $K_{пом}^{с_п}$ — затраты в природоохранные мероприятия в условиях второго этапа оценки; $\pm K_{пом}^{п}$ — увеличение или уменьшение затрат в природоохранные мероприятия при удовлетворении требований ведущей отрасли.

Для установления отрицательных тенденций, обусловленных отчуждениями в хозяйстве и природе, оценка объекта природопользования по каждому варианту ведущей отрасли ($О_{чп_i}$) производится без учета и с учетом отчуждений.

Четвертый этап оценки осуществляется на базе полученной информации об экономической продуктивности объекта природопользования. На этом этапе требования к водному режиму и использованию водотока и приречной территории определяются не ведущей отраслью, а всей совокупностью отраслей «на суше» и «на воде» с учетом экологических и социальных факторов. Именно на этом этапе осуществляется оценка в условиях формирования водохозяйственного комплекса (ВХК). При этом целевой функ-

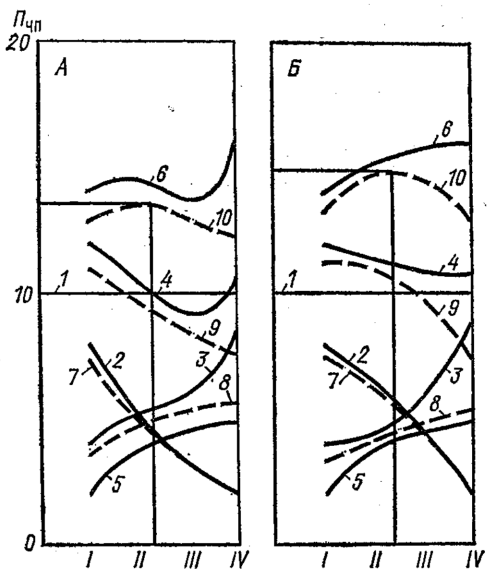


Рис. 4.1. Зависимость объема чистой продукции ($П_{чп}$) от ведущей отрасли (варианты *I*—*IV*).

1 — суммарный объем чистой продукции при существующем водном режиме и сложившемся составе отраслей народного хозяйства и использовании приречной территории и водотока в условиях перспективного расчетного уровня $\sum_{i=1}^{m} П^{сп}_{чп}$ — результат второго этапа оценки); *2—10* — результат третьего этапа оценки приречной территории и водотока: *2* — объем чистой продукции ведущей отрасли $\left(П^{п_1}_{чп}\right)$; *3* — суммарный объем чистой продукции прочих отраслей $\left(\sum_{i=1}^{m-1} П^{п}_{чп}\right)$; 4 — суммарный объем чистой продукции ведущей и прочих отраслей

$$\left(\sum_{i=1}^{m} П^{п}_{чп} = П^{п_1}_{чп} + \sum_{i=1}^{m-1} П^{п}_{чп}\right);$$

5 — объем чистой продукции ГЭС при удовлетворении требований ведущей отрасли $\left(П^{э}_{чп}\right)$; *6* — суммарный объем чистой продукции всех отраслей «на суше» и «на воде» $\left(\sum_{i=1}^{m} П^{пэ}_{чп} = \sum_{i=1}^{m} П^{п}_{чп} + П^{э}_{чп}\right)$;

7, 8, 9, 10 — соответствуют зависимостям *2, 3, 4, 6* с учетом отчуждений в ведущих отраслях, вызванных строительством ГЭС, и отчуждений в прочих отраслях, вызванных ведущей отраслью и ГЭС.

цией является максимум чистой продукции при соблюдении условия нормативной эффективности производства.

Графические зависимости (рис. 4.1), построенные по результатам третьего этапа оценочных работ позволяют отобрать ведущие отрасли по показателю чистой продукции и с учетом их требований разработать варианты регулирования стока реки, использования водных и земельных фондов как природных ресурсов и элементов природной среды. Эти данные являются объективной основой для установления оптимального состава водопользователей, водопотребителей и землепользователей, для разработки правил использования водных и земельных ресурсов объекта природопользования. Эти правила обусловливают параметры и режим работы ГЭС и соответственно выход чистой продукции гидроэнергетики. Отметим, что в первом варианте оценки (ведущая

отрасль — сельское хозяйство) предъявляются жесткие требования к параметрам водохранилища (в части недопущения больших затоплений и подтоплений земель) и режиму работы гидроузла (из-за изменения водного режима в нижнем бьефе). Объем чистой продукции гидроэнергетики в этом варианте минимален. В четвертом варианте оценки обеспечение требований ведущей отрасли (например, промышленное и коммунальное водоснабжение) практически не накладывает существенных ограничений на ГЭС и здесь показатель чистой продукции гидроэнергетики максимален.

Выбору оптимального варианта использования водных и земельных ресурсов, как указывалось выше, неизбежно сопутствует сознательное ущемление интересов прочих отраслей и изменение природных условий, что связано с проблемой экономической оценки отчуждений в хозяйстве и природе (см. гл. 3). Нарушение отдельных звеньев сложившегося природно-экономического комплекса происходит как из-за ведущей отрасли, так и из-за гидроузла, учитывающего интересы этой отрасли.

Исследованием установлено, что при несоблюдении требований к водному режиму реки и нерациональном использовании водных и земельных фондов (см. вариант *IV* на рис. 4.1) возрастают абсолютные и относительные размеры отчуждений по показателю снижения чистой продукции в прочих отраслях из-за строительства ГЭС (затопление и подтопление территории в результате создания водохранилища; обезвоживание нижнего бьефа в весенне-летний период; зимнее затопление территории в нижнем бьефе гидроузла и др.).

Случаи *А* и *Б* на рис. 4.1 показывают, что характер зависимости объема чистой продукции ведущей отрасли определяется природными и экономическими условиями района.

Так как объект природопользования является неотъемлемой частью данного природно-экономического комплекса (ПЭК), изменение сложившейся структуры производства, т. е. построение плана производства на основе ВХК, обусловленного гидротехническим строительством, требует учета показателей сравнительной оценки производства той или иной продукции или тех или иных услуг в приречной территории, включая водоток и водохранилище, и за ее пределами. Необходимо соблюдать принцип сохранения производства конкретных видов продукции и услуг в составе природно-экономического комплекса в целом и учитывать прямые и обратные связи между ВХК и ПЭК, т. е. между частью и целым. Задача решается с помощью известных методов математического оптимального программирования. Целевой функцией в этом случае является минимум общественно необходимых затрат на заданное производство продукции и оказание услуг с учетом природоохранных мероприятий в пределах ПЭК.

Пятым этапом оценочных работ (завершающим) является осуществление общей оценки объекта природопользования для условий выполнения оптимального плана производства конкретных видов продукции и услуг на расчетный уровень (период).

На основе абсолютной оценки объекта природопользования в естественных (существующих) и зарегулированных (проектных) условиях водного режима и использования водотока и приречной территории производится сравнительная оценка — выявляется эффект водохозяйственного строительства.

Заметим, что этапы оценки есть, по существу, последовательное улучшение модели экономики и экологии объекта природопользования. Следует стремиться к созданию такой модели, которая достаточно адекватно отображает реальную ситуацию для данного природно-экономического комплекса (района), включая водотоки и водоемы как объекты природопользования.

4.2. Оценка биологической и хозяйственной продуктивности пойменных земель с учетом водного фактора в период весеннего половодья

4.2.1. Методические основы оценки влияния весеннего паводкового затопления на продуктивность и хозяйственное использование пойменных земель

Паводковое затопление долин рек и озер затрагивает главным образом интересы сельского хозяйства, так как пойменные земли обладают высоким естественным плодородием, славятся ценными заливными лугами, являющимися важнейшей, а во многих районах страны единственной кормовой базой животноводства. От условий затопления земель в долинах водотоков и водоемов (время наступления и продолжительность затопления поймы, высота уровней воды, скорости потока воды и вероятность тех или иных характеристик водного режима рек и озер за многолетний период) зависит формирование растительного покрова на лугах, их продуктивность и хозяйственное использование, степень сельскохозяйственной освоенности пойменных земель, состав и качество сельскохозяйственных угодий.

На сельскохозяйственное производство оказывают влияние не только весенние паводки, но и условия водного режима в летний, осенний и зимний периоды. В зависимости от периода года те или иные факторы водного режима могут быть и положительными и отрицательными; степень их влияния на пойменные земли различна в зависимости от природно-климатических районов, а в пределах одного района — в зависимости от строения (рельефа) долины реки, гидрогеологических, агроклиматических и других местных условий.

Прежде чем перейти к изложению методики оценки влияния весеннего паводкового затопления на продуктивность и хозяйственное использование пойменных земель, рассмотрим несколько характерных примеров влияния водотоков и водоемов на прилегающие к ним территории в естественных и зарегулированных условиях.

Волхов-Ильменская пойма является одним из крупнейших луговых районов Новгородской области. Территория поймы — около 2000 км², из которых луга занимают 37,5 %, пахотные земли — 13,3 %, лес — 20,1 %, кустарник — 8,0 %, болота и прочие земли — 21,1 % [37].

Пойма оз. Ильмень и р. Волхов испытывают неблагоприятное воздействие режима поверхностных и подземных вод, что обусловило формирование лугов низинного (болотного) типа, на которые приходится 60 % площади всех пойменных лугов. Состав растительных группировок низинных лугов представлен остроосоковой, поручейниково-осоковой, манниково-осоковой и вахтово-осоковой ассоциациями, которые развиваются на дерновых аллювиально-глеевых, иловато-глеевых и на иловато-торфяно-перегнойных почвах.

Следует отметить, что отрицательное воздействие на пойму длительного затопления и подтопления наблюдалось и в естественных условиях водного режима реки и озера, т. е. до возведения плотины Волховской ГЭС. По данным волховстроевских материалов [137, 164], продуктивность пойменных лугов оз. Ильмень и р. Волхов в среднем оценивалась немногим более 20 баллов (100 баллов — продуктивность люцернового луга). Вместе с тем высокое хозяйственное использование лугов крестьянскими хозяйствами в то время объективно было обусловлено ручным сенокошением там, где это возможно.

В проекте Волховской ГЭС при выборе отметки НПУ и режима работы станции большое внимание было уделено исследованию пойменных лугов с целью максимально возможного сохранения их продуктивности и хозяйственного использования. В результате отрицательное влияние на пойменные земли р. Волхов и оз. Ильмень было сведено к минимуму. Оно выражалось в снижении продуктивности лугов на 10 %.

Как известно, в 1929 г. эксплуатационным персоналом гидроэлектростанции было внесено и осуществлено предложение об установке временной надстройки из деревянных щитов высотой 2,13 м на гребне глухой водосливной плотины с целью увеличения мощности и выработки электроэнергии. Это было обусловлено требованием развития экономики района.

Фактический режим работы гидроузла при плотине с надстройкой в период 1931—1958 гг. вызвал увеличение продолжительности затопления поймы и повышение уровня грунтовых вод, что привело, по нашей оценке, к снижению продуктивности пойменных лугов на 35 % по сравнению с 1881—1926 гг. С учетом корректировки на сопоставимость по водности сравниваемых рядов лет (1881—1926 гг. и 1931—1958 гг.) этот показатель составит 60 % [169].

На рис. 4.2 в качестве примера приведены графики средней ежегодной продолжительности затопления земель в южной части поймы р. Волхов (от истока до железнодорожного моста у станции Чудово) в естественных (1881—1926 гг.) и зарегулированных

(1931—1958 гг.) условиях. Для определения отрицательных последствий возведения надстройки нами произведен теоретический расчет средней ежегодной продолжительности затопления поймы в зарегулированных условиях для периода 1881—1926 гг. при плотине без надстройки (по проекту академика Г. О. Графтио) и при фактическом режиме работы гидроузла после возведения надстройки на плотине.

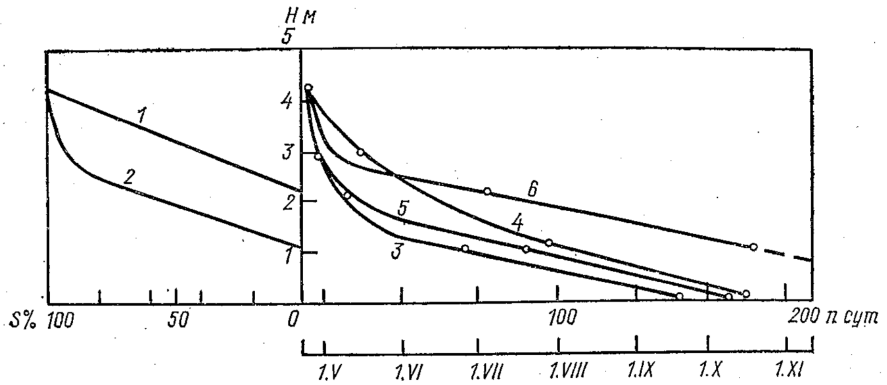


Рис. 4.2. Характеристика затопления земель в пойме р. Волхов в естественных и зарегулированных условиях.

1 — пашня; *2* — луга; *3—6* — среднегодовая продолжительность стояния уровней и затопления сельскохозяйственных угодий в вегетационный период: *фактическая: 3* — в естественных условиях (1881—1926 гг.); *4* — при зарегулированном стоке Волховским гидроузлом (плотина с надстройкой) за период 1931—1958 гг.; *расчетная* на период 1881—1926 гг. при зарегулированном стоке Волховским гидроузлом: *5* — по проекту академика Г. О. Графтио; *6* — при плотине с надстройкой и фактическом режиме работы гидроузла в 1931—1958 гг.

Увеличение продолжительности затопления различных высотных отметок поймы в 1,5—4,0 раза обусловило дальнейшее заболачивание земель, превратило их в труднодоступные для машинного сенокошения участки, которые фактически выпали из хозяйственного использования и заросли кустарником и лесом. Это привело к тому, что Советом Министров РСФСР в 1958 г. было переведено в разряд прочих несельскохозяйственных земель 41 тыс. га пойменных лугов (57 %), в том числе в пойме оз. Ильмень 35 тыс. га (60 %), в пойме р. Волхов 6 тыс. га (44 %). Продуктивность существующих (оставшихся) естественных кормовых угодий низкая — от 7 до 10 ц/га при питательности в среднем 0,3 кг кормовых единиц на 1 кг сена.

Озера Лача, Воже, Кубенское и река Сухона

Лача—Воже—Кубено—Сухонский гидрологический район представляет собой плоскую, очень слабо дренированную озерно-ледниковую низину с замедленным поверхностным стоком и слабым оттоком грунтовых вод, сопровождающимся подпором вод со стороны водотоков и водоемов. Приозерные и приречные территории

в пределах горизонта паводкового затопления 1 %-ной обеспеченности занимают в рассматриваемом районе 158 тыс. га, в том числе на долю пашни приходится менее 1 % площади, естественных лугов — 17 %, лесов — 14 %, болот, включая закустаренные и залесенные,— 68 %. Половодье начинается обычно 15—20 апреля. Подъем уровней происходит быстро — в течение 10—15 сут. Продолжительность половодья составляет 2—3 мес. Замедленный спад половодья обусловлен замедленным стоком талых вод с облесенных территорий и весенними дождями.

Резко ослабленный отток паводковых и атмосферных вод в сочетании с высоким залеганием грунтовых вод обусловили развитие земель длительного избыточного увлажнения (до 75 %) с торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевыми почвами. Это обусловило широкое распространение долгопоемных крупноосоковых лугов.

В связи с тем что луга, расположенные вокруг озер в пределах 1,0 м по высоте над отметкой выхода воды на пойму, а в долине р. Сухоны в пределах 1,5—2,0 м, вследствие длительного затопления в период весеннего половодья (более 3 мес) не используются для сенокошения и выпаса скота, средняя хозяйственная продуктивность их низкая и оценивается в 5,4 ц сена или 1,9 ц кормовых единиц с 1 га (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Оценка хозяйственной ценности пойменных лугов

	Общая площадь естественных лугов, тыс. га	В том числе неиспользуемых		Продуктивность, ц/га	
		тыс. га	%	сена	кормовых единиц
р. Сухона	20,0	12,6	63,0	4,8	1,6
оз. Кубенское	3,3	1,0	30,3	7,7	2,5
оз. Воже	2,0	0,9	45,0	6,5	2,4
оз. Лача	1,3	0,5	38,5	7,9	2,8
Всего	26,6	15,0	56,3	5,4	1,9

Улучшение качества луговых угодий, повышение их биологической и хозяйственной продуктивности в Лача-Воже-Кубено-Сухонском районе может быть осуществлено путем регулирования стока рек и озер, организации польдерного хозяйства и осуществления мелиорации земель (осушительных и культуртехнических работ).

Река Северная Двина

Общая площадь поймы составляет 124,3 тыс. га, в том числе сельскохозяйственных угодий 58,6 тыс. га (47 %), из них естественных лугов 50,7 тыс. га. В современных условиях пойменные луга Северной Двины в пределах горизонта паводка 1 %-ной обеспечен-

ности разделяются на три группы при следующем процентном соотношении: долгопоемные — 34, среднепоемные — 29, краткопоемные — 37.

В табл. 4.2 и 4.3 приводится характеристика условий затопления лугов и их относительная оценка, которые показывают, что среднепоемные луга имеют наиболее благоприятный режим затопления в период паводков и, следовательно, наибольшую продуктивность, принятую за 100 баллов. Из-за продолжительного затопления долгопоемные луга труднодоступны для сельскохозяйственного использования. В целом кормовая емкость поймы используется лишь на 60—65 % [71, 169].

Повышение хозяйственного использования пойменных лугов требует создания оптимальных условий их затопления в период весеннего паводка, что возможно путем регулирования стока реки гидроузлами.

Таблица 4.2

Характеристика условий паводкового затопления пойменных лугов Северной Двины

Тип лугов	Вероятность затопления, %	Продолжительность затопления, сут						
		вероятность повторения, %						среднегодовая
		1	10	25	50	75	95	
Краткопоемные, группа А	1—5	1	0	0	0	0	0	0
Краткопоемные, группа Б	5—70	18	12	11	7	1	0	6
Среднепоемные	70—95	44	31	27	21	11	4	19
Долгопоемные	95—100	125	95	84	71	57	41	71

Таблица 4.3

Относительная оценка пойменных лугов Северной Двины (баллы по валовому выходу)

Тип лугов	Используемая площадь, %	В расчете на используемую площадь		В расчете на всю площадь	
		сено	кормовые единицы	сено	кормовые единицы
Краткопоемные, группа А	100	40	46	45	55
Краткопоемные, группа Б	100	65	70	72	84
Среднепоемные	90	100	100	100	100
Долгопоемные	5	118	89	7	6

Река Кама

В долине р. Камы на участке от створа Воткинской ГЭС до границы выклинивания подпора реки водохранилищем Волжской ГЭС им. В. И. Ленина в пределах горизонта паводка 1 %-ной обеспеченности в естественных условиях общая площадь сельскохозяйственных угодий составляла 100,4 тыс. га, в том числе пашни 4,6 тыс. га, лугов 95,8 тыс. га. Рассмотрим, как повлияло изменение водного режима р. Камы в результате строительства Камского и Воткинского гидроузлов на продуктивность пойменных лугов [168].

Как и на других реках, типы лугов здесь определяются степенью выраженности аллювиального процесса, продолжительностью затопления весной и глубиной залегания грунтовых вод, что тесно связано с рельефом местности. В связи с изменением водного режима в период прохождения паводков в зарегулированных условиях сократились площадь и продолжительность затопления лугов. Затопление стало осуществляться осветленной водой в результате оседания аллювиальных частиц, поступающих в половодье с верхней и средней частей бассейна, в водохранилищах Камского и Воткинского гидроузлов.

Влияние Камского гидроузла стало ощутимым с 1954 г., а совместное влияние Камского и Воткинского гидроузлов — с 1965 г. Для разработки прогноза изменения количественных и качественных показателей продуктивности лугов в условиях зарегулированного стока нами была проведена предварительная оценка лугов в естественных условиях за 1946—1953 гг. и при зарегулированном стоке Камским гидроузлом за 1954—1961 гг. Оценка проведена по данным фактической урожайности заливных лугов в 57 прикамских колхозах и совхозах (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Продуктивность лугов (баллы) в нижнем бьефе Камского гидроузла

Естественные условия (1946—1953 гг.)	100
При зарегулировании стока р. Камы Камским гидроузлом	
1954—1958 гг.	87
1959—1961 гг.	79
1960—1961 гг.	74
среднее за 1954—1961 гг.	84

Из табл. 4.4 видно, что с вводом Камского гидроузла урожайность лугов существенно снизилась, и к концу рассматриваемого периода (через 6 лет) составляла 74 % от их продуктивности в естественных условиях.

При срезке весенних паводков происходит частичная трансформация лугов верхнего уровня (краткопоемных) в суходольные, лугов среднего уровня (среднепоемных) в луга краткопоемные и лугов низкого уровня (долгопоемных) в луга среднего уровня. Поскольку в естественном состоянии влияние паводков на луга высо-

кого уровня несущественно, а травостой сформирован из видов, близких к суходольным со значительным участием злаковых и бобовых, в условиях достаточного увлажнения атмосферными осадками изменение продуктивности и кормовой ценности этих лугов было незначительным. Ввиду редкой затопляемости этих лугов в естественных условиях роль наилка здесь также невелика.

Сокращение продолжительности паводков обусловило трансформацию травостоя низинных лугов в менее влаголюбивые; получили большее распространение лисохвостно-костровые луга. Увеличение доли злаковых сообществ повлекло за собой повышение кормового достоинства низинных лугов с 0,30 до 0,33 кормовых единиц. Вместе с тем затопление лугов среднего и низкого уровней осветленной (без наилка) водой существенно снизило их продуктивность.

Показатели трансформации лугов, изменения их продуктивности и качества в условиях зарегулированного стока р. Камы Камским и Воткинским гидроузлами приведены в табл. 4.5, из которой видно, что продуктивность лугов в условиях зарегулированного стока составляет по выходу сена 69 %, а по выходу кормовых единиц 79 % от соответствующих показателей в естественных условиях.

Таблица 4.5

Оценка лугов в долине р. Камы в естественных условиях и при зарегулировании стока Камским и Воткинским гидроузлами

Тип лугов по условиям затопления	В естественных условиях			При зарегулированном стоке		
	площадь, тыс. га	продуктивность, ц/га		площадь, тыс. га	продуктивность, ц/га	
		сено	кормовые единицы		сено	кормовые единицы
Долгопоемные	28,7	40	12,0	4,7	30	9,9
Среднепоемные	60,4	25	11,7	81,8	20	9,4
Краткопоемные	6,7	17	9,9	7,9	15	8,7
Суходольные	—	—	—	1,4	15	8,7
Всего	95,8	29	11,6	95,8	20	9,2

Разница в оценке снижения продуктивности лугов по выходу сена и кормовых единиц обусловлена тем, что при зарегулированном стоке 83,5 % долгопоемных лугов с кормовым достоинством 0,30 кормовых единиц трансформируются в более ценные среднепоемные луга, имеющие 0,47 кормовых единиц.

В табл. 4.6 приведена оценка влияния факторов обезвоживания и снижения обогащения почвы плодородным наилком на продуктивность лугов в долине р. Камы при зарегулированном водном режиме. Данные табл. 4.6 показывают, что при регулировании стока рек в зонах достаточного увлажнения (атмосферными

Таблица 4.6

Удельный вес (%) отрицательных факторов в снижении валового выхода продукции в нижнем бьефе Воткинской ГЭС

Фактор	Сено	Кормовые единицы
Обезвоживание поймы	45	10
Снижение обогащения почвы наилком	55	90

осадками) определяющее влияние на ухудшение продуктивности лугов и их качества оказывает резкое снижение отложения плодородного наилка на пойме во время весеннего половодья.

Приведенные в табл. 4.5 показатели снижения продуктивности лугов равнозначны потере 30 тыс. га лугов по сокращению урожайности и 20 тыс. га по выходу кормовых единиц. Если учесть, что Камским и Воткинским водохранилищами было затоплено и изъято из использования в сельском хозяйстве соответственно 58 и 26 тыс. га лугов, то эти данные показывают соотношение нарушений, возникающих в верхнем и нижнем бьефах гидроузлов.

Отметим, что в настоящее время эти земли находятся в зоне водохранилища Нижнекамской ГЭС и, естественно, полностью потеряли свое экологическое и хозяйственное значение.

Река Иртыш

Как показывает анализ проектов института Ленгипроводхоз и фактическое состояние дел в Павлодарской, Семипалатинской и Омской областях [115], основным мероприятием по сохранению продуктивности лугов в долине реки Иртыш является организация специальных попусков воды из водохранилищ Бухтарминской и Шульбинской ГЭС в объеме 3,0 млрд. м^3. Невыполнение этого мероприятия при работе Бухтарминской ГЭС привело к сокращению кормовой емкости поймы на 70 %, а при совместной работе двух ГЭС — на 85 % [44].

Учитывая фактические энергетические и водохозяйственные возможности Бухтарминского и Шульбинского гидроузлов, для возрождения поймы, а также для улучшения условий судоходства целесообразно рассмотрение вопроса о строительстве на Иртыше низконапорных створчатых плотин, способных ежегодно в период весеннего паводка задерживать в пойме воду. Отметим также, что решение задачи организации необходимых попусков воды в нижний бьеф указанных гидроузлов в значительной степени зависит от пополнения стока Иртыша из других водотоков.

Итак, с точки зрения интересов сельского хозяйства влияние весеннего паводкового затопления в естественных и зарегулированных условиях водного режима водотоков и водоемов может

быть положительным и отрицательным в зависимости от высотного расположения пойменных земель, вероятность затопления которых колеблется от 1 до 100 % (от ежегодного до одного раза в 100 лет), а продолжительность затопления — от мгновенной до нескольких месяцев.

Предлагаемая нами методика определения влияния водотоков и водоемов на продуктивность и хозяйственное использование пойменных лугов предназначена для решения практических вопросов, связанных с реализацией продовольственной программы страны, а именно: для установления зависимости состава растительных ассоциаций от условий весенне-летнего затопления, определения качественных и количественных показателей оценки естественных кормовых угодий, разработки и реализации рекомендаций по учету водного фактора в хозяйственной деятельности приречных сельскохозяйственных предприятий, обоснования целесообразного усиления или ослабления положительных и отрицательных факторов водного режима при освоении водных ресурсов рек и озер. Общий методологический подход к решению этих вопросов можно представить в виде модели, помещенной на рис. 4.3. Для выявления поемности лугов, их продуктивности и качества проводятся почвенные, ботанические, культуртехнические, гидрогеологические, гидромелиоративные, геоботанические, агроэкономические и гидрологические изыскания и обследования с последующим нанесением на карты зон затопления в естественных (существующих) условиях при горизонтах воды вероятностью повторения 1, 10, 25, 50, 75 и 95 %. Нанесение на карты зон затопления осуществляется с помощью продольного профиля водной поверхности реки.

Эти данные позволяют построить графические зависимости площади затопления лугов от уровней воды в реке с соответствующими показателями, характеризующими состав растительных ассоциаций (тип лугов), их биологическую и хозяйственную продуктивность, обеспеченность уровней и продолжительность их стояния в характерные годы и среднемноголетнюю: по оси ординат откладываются значения уровней реки (озера); по оси абсцисс — в левой части графика — зависимость площади затопления (S) от уровней (H) : $S=f(H)$, зависимость биологической и хозяйственной продуктивности лугов (П) от их высотного расположения: $П=f(H)$; в правой части графика — кривые обеспеченности уровней и продолжительности их стояния за многолетний период, а также гидрографы (ход уровней реки) за вегетационный период в характерные многоводные, средневодные и маловодные годы. Графики строятся с привязкой к контрольным для данного участка реки водомерным постам.

Пример рассмотренного построения приведен на рис. 4.4. Установленные зависимости позволяют: дать качественную и количественную оценку взаимосвязи водного режима реки (озера) и приречной территории; разработать и осуществить систему мероприятий по хозяйственному использованию приречной территории в естественных условиях водного режима; установить требования

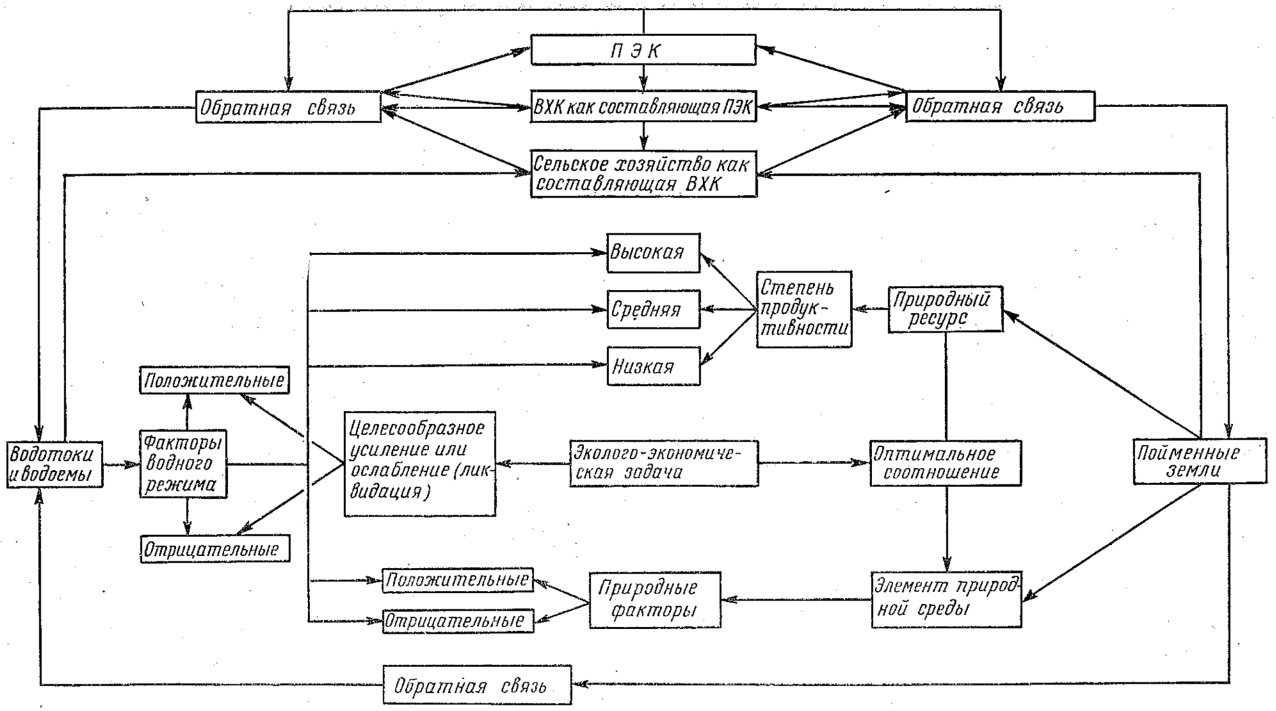


Рис. 4.3. Модель влияния водного режима рек, озер и искусственных водохранилищ на сельскохозяйственное использование и продуктивность пойменных земель.

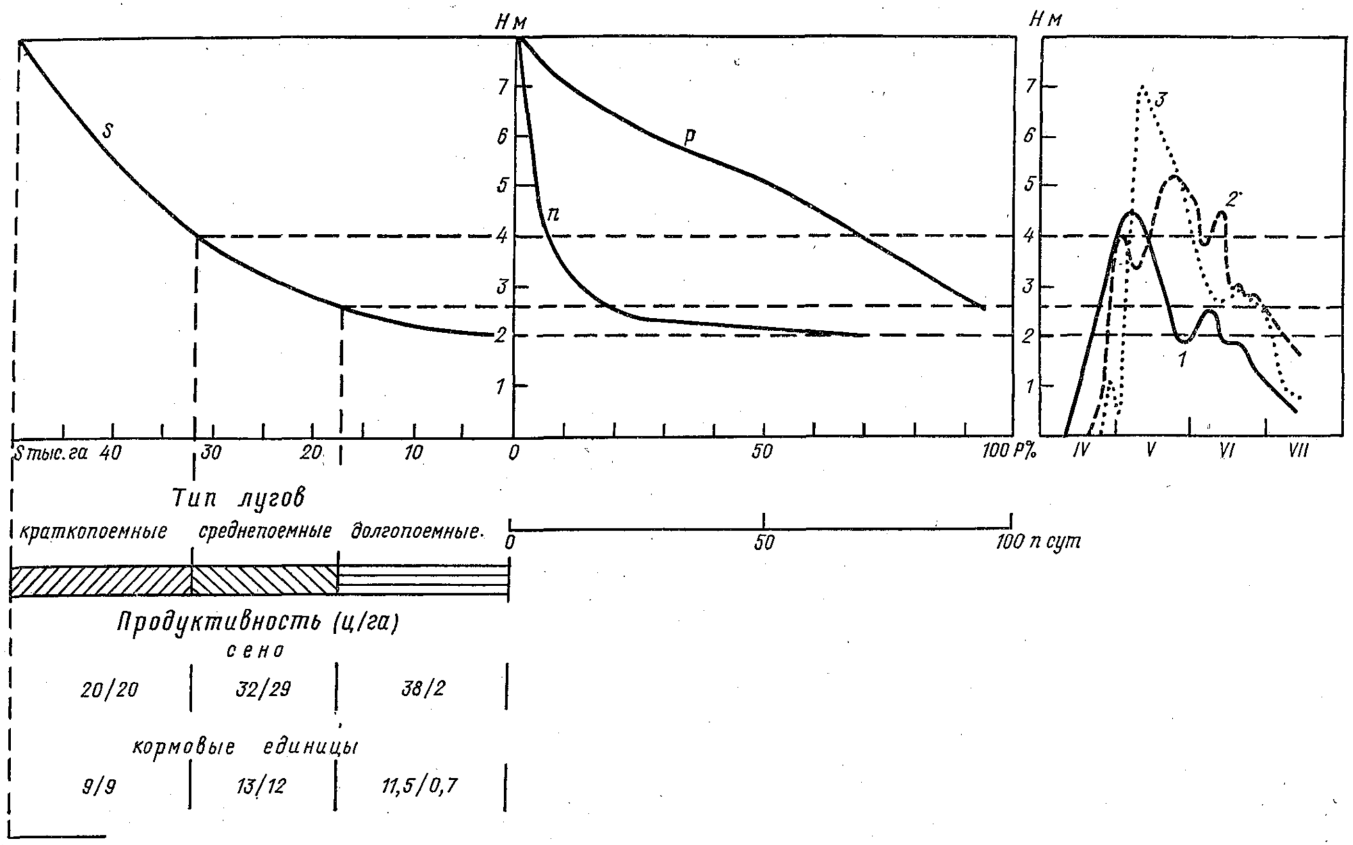


Рис. 4.4. Зависимость типа и продуктивности (числитель — биологическая, знаменатель — хозяйственная) лугов в долине реки от условий паводкового затопления.

S — высотное расположение лугов; *n* — среднемноголетняя ежегодная продолжительность затопления лугов; *P* — обеспеченность уровней в период паводка; *1*, *2*, *3* — ходы уровней в характерные маловодные, и многоводные годы соответственно.

к водному режиму водотоков и водоемов для их учета при водохозяйственном строительстве; прогнозировать экологические и экономические последствия в долинах рек и приозерьях при их хозяйственном освоении, в частности при изменении водного режима рек в нижних бьефах гидроузлов.

Указанный методический подход, предложенный авторами для учета водного фактора нашел применение в проектной практике институтов Ленгидропроект, Ленгипроводхоз и Росгипрозем (в частности, Красноярской экспедиции) при оценке влияния регулирования стока рек и озер на продуктивность и сельскохозяйственное использование пойменных земель. Построение соответствующих проектных характеристик водного режима водотоков и водоемов позволяет установить предварительный прогноз ожидаемого изменения поемности лугов, их биологической и хозяйственной ценности путем нахождения аналогий по условиям затопления поймы при естественном и зарегулированном стоке.

Для окончательного прогноза необходимо дополнительное изучение возможного изменения режима подземных вод. Прогноз подпора или понижения уровня грунтовых вод под влиянием проектируемых гидротехнических мероприятий оформляется в виде карты, построенной на основании изучения геоморфологоструктурных особенностей рассматриваемой территории, выделенных геофильтрационных районов и результатов расчетов. Как показывает анализ проектов строительства гидроузлов, создание водохранилищ вызывает подтопление окружающей территории, а в нижнем бьефе гидроузлов, как правило, происходит снижение уровня грунтовых вод.

Таким образом, наличие графических и картографических данных о режиме поверхностных и подземных вод в естественных и зарегулированных условиях обеспечивает возможность при принятии проектных решений прогнозировать изменения почвенно-мелиоративных и геоботанических условий и их влияния на биологическую и хозяйственную продуктивность поймы. При этом необходимо учитывать влияние снижения отложения плодородного наилка на продуктивность лугов, расположенных в нижнем бьефе гидроузлов. Согласно исследованиям, проведенным в нижнем бьефе Воткинской ГЭС [168], этот фактор для зоны достаточного увлажнения может быть оценен по показателю снижения продуктивности лугов по отношению к продуктивности в естественных условиях в следующих размерах (%): для долгопоемных лугов — 25, среднепоемных — 15, краткопоемных — 5.

В качестве примера приведем результаты оценки влияния регулирования стока р. Енисея на пойменные луга. В зоне влияния изменения водного режима р. Енисея в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС расположены земли 14 сельскохозяйственных предприятий [34]. Около 60 % пойменных земель используются как естественные кормовые угодья, характеристика которых приведена в табл. 4.7.

При зарегулированном стоке Саяно-Шушенским гидроузлом

Таблица 4.7

Характеристика пойменных лугов Енисея в естественных условиях

Тип лугов	Площадь лугов, %	Вероятность затопления при весеннем паводке, %	Продуктивность, ц/га	
			сена	кормовых единиц
Долгопоемные	72	Более 50	23,0	7,8
Среднепоемные	13	50—25	21,0	12,4
Краткопоемные	15	Менее 25	15,4	7,2
Всего	100	—	21,6	8,2

произойдут значительные изменения в условиях затопления поймы: уменьшится вероятность затопления поймы при весеннем половодье; сократится площадь и продолжительность затопления лугов; весеннее затопление будет осуществляться осветленной водой; пойма будет подвержена зимним затоплениям и образованию на ней наледей. С учетом указанных факторов произойдет трансформация лугов (рис. 4.5, табл. 4.8).

Данные табл. 4.8 показывают, что при зарегулированном стоке 25 % долгопоемных и 100 % среднепоемных лугов трансформиру-

Таблица 4.8

Прогноз изменения поемности лугов в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС

Тип лугов	Трансформация лугов при зарегулированном стоке (в % к общей площади того или иного типа лугов в естественных условиях)			
	долгопоемные	среднепоемные	краткопоемные	суходольные
Долгопоемные	71	4	25	—
Среднепоемные	—	—	100	—
Краткопоемные	—	—	27	73
Все луга поймы	51	3	35	11

ются в краткопоемные; 73 % краткопоемных лугов перейдет в категорию суходольных. Вместе с тем указанные показатели требуют корректировки, так как в условиях зарегулированного стока около 85 % лугов будут подвержены зимним затоплениям, которые, как показывают исследования [31, 34], приведут к развитию осоковой растительности. Общая оценка влияния изменения водного режима р. Енисея в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС на

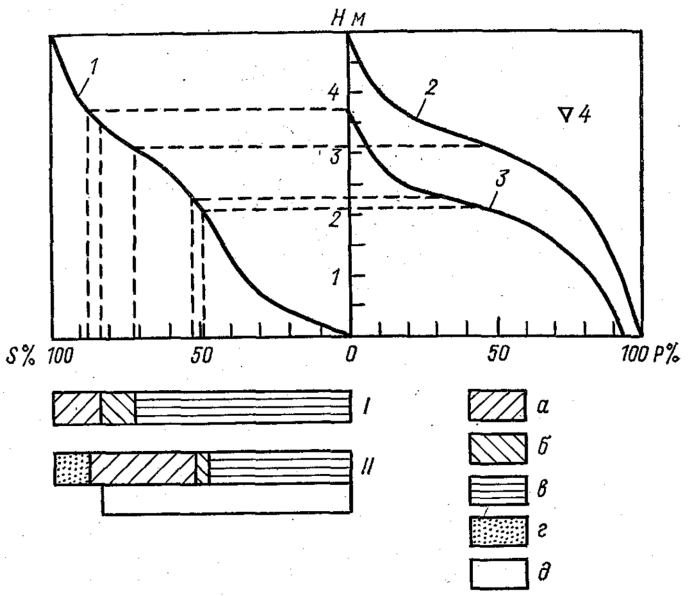


Рис. 4.5. Трансформация лугов в долине р. Енисея в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС.

1 — высотное расположение лугов в долине реки; *2* и *3* — вероятность максимальных уровней весеннего половодья соответственно в естественных условиях и при зарегулированном стоке; *4* — максимальный зимний уровень (3,5 м); соотношение площади различных типов лугов в естественных (*I*) и зарегулированных (*II*) условиях: *а* — краткопоемные, *б* — среднепоемные, *в* — долгопоемные, *г* — суходольные, *д* — подверженные зимним затоплениям.

продуктивность пойменных лугов характеризуется показателями табл. 4.9.

Отметим, что проектом и сметой на строительство Саяно-Шушенской ГЭС, как и всеми другими проектами ГЭС, разрабатываемыми в настоящее время, предусмотрены затраты на проведение комплекса мелиоративных мероприятий по освоению новых земель и улучшению существующих сельскохозяйственных угодий в размере, обеспечивающем производство равноценной продукции в прежнем объеме.

Таблица 4.9

Прогноз ожидаемого снижения продуктивности лугов (баллы) в нижнем бьефе Саяно-Шушенской ГЭС (до выклинивания водной поверхности водохранилища Красноярской ГЭС)

Водный режим и отрицательные факторы	Продуктивность лугов (по валовому выходу)	
	сено	кормовые единицы
В естественных условиях	100	100
При зарегулированном стоке с учетом:		
обезвоживания	87	86
обезвоживания и уменьшения отложения плодородного наилка	72	71
обезвоживания, уменьшения отложения плодородного наилка и зимних затоплений *	81	62
обезвоживания, уменьшения отложения наилка, зимних затоплений и исключения из сельскохозяйственного использования части площади лугов	74	57

* Увеличение продуктивности по валовому выходу сена и снижение продуктивности по валовому выходу кормовых единиц объясняется тем, что при зимних затоплениях преобладающей растительности ассоциацией будет осока с более высокой урожайностью, но с низким кормовым достоинством.

4.2.2. Оптимизация режима затопления пойм рек и озер при водохозяйственном строительстве

Вопрос оптимизации водного режима с целью повышения хозяйственной ценности водотоков и водоемов как объектов природопользования рассмотрим на примере создания благоприятных для сельского хозяйства условий питания пойм поверхностными и подземными водами в северном регионе европейской части РСФСР. Предлагаемые рекомендации и оценка их реализации, по мнению авторов, должны учитываться при решении вопроса водохозяйственного и мелиоративного строительства в рассматриваемых районах, т. е. являться неотъемлемой частью соответствующих проектов. Можно рекомендовать следующие природоохранные и хозяйственные мероприятия:

1) создание системы гидротехнических сооружений с низконапорными гидроузлами путем использования естественных регулирующих емкостей озер, что обеспечит минимальное затопление и подтопление прилегающих территорий;

2) регулирование стока рек и озер с учетом целесообразного усиления положительных и ослабления или ликвидации отрицательных природных факторов;

3) обеспечение обратимости системы гидросооружений, позволяющей в случае возникновения нежелательных явлений в природе и хозяйстве в процессе эксплуатации производить корректировку проектных решений по регулированию стока вплоть до полного восстановления на более или менее длительный срок естественного водного режима рек и озер;

4) расчистка русел рек в зонах накопления загрязняющих остатков, являющихся результатом многолетних сбросов неочищенных сточных вод (при этом обязательным условием является завершение строительства комплекса сооружений, обеспечивающих полную очистку промышленных и коммунальных стоков на выходе их в водоемы и водотоки с учетом ПДК);

5) обеспечение постоянной проточности и водообмена;

6) санитарная подготовка зон затопления и подтопления;

7) сохранение и создание водоохранных зон лесных насаждений;

8) рыбохозяйственные мероприятия;

9) использование грунтов из выемок при строительстве каналов и расчистке русел рек для создания новых сельскохозяйственных территорий в зонах размещения верховых болот и на подтопленных в естественных условиях землях;

10) обеспечение гидравлических режимов, исключающих размывы русел рек и каналов и недопустимых переформирований берега;

11) рекультивация земель при временном их изъятии и снятие с последующим использованием плодородного почвенного слоя при отводе земель под постоянные сооружения.

Проектным решением по реконструкции рек и озер, обеспечивающей оптимальный для поймы водный режим, и определению местоположения, состава и размеров сельскохозяйственного освоения новых земель и улучшению существующих сельскохозяйственных и лесных угодий должно предшествовать всестороннее изучение природных и экономических условий района (рис. 4.6), что позволит установить целесообразное соотношение земельного фонда как элемента природной среды и земельного фонда как природного ресурса.

В качестве примера на рис. 4.7 приведена схема освоения земельного фонда в пойме р. Сухоны. На схеме представлены рекомендуемые количественные показатели различных видов земельных угодий. С учетом этого должны осуществляться необходимые гидротехнические, водохозяйственные мелиоративные, агрохозяйственные, лесохозяйственные и природоохранные мероприятия, обеспечивающие рациональное использование р. Сухоны: как природный ресурс пойменные земли должны использоваться в сельском хозяйстве, как элемент природной среды пойменные земли рекомендуется превратить в заповедные места для охраны вод,

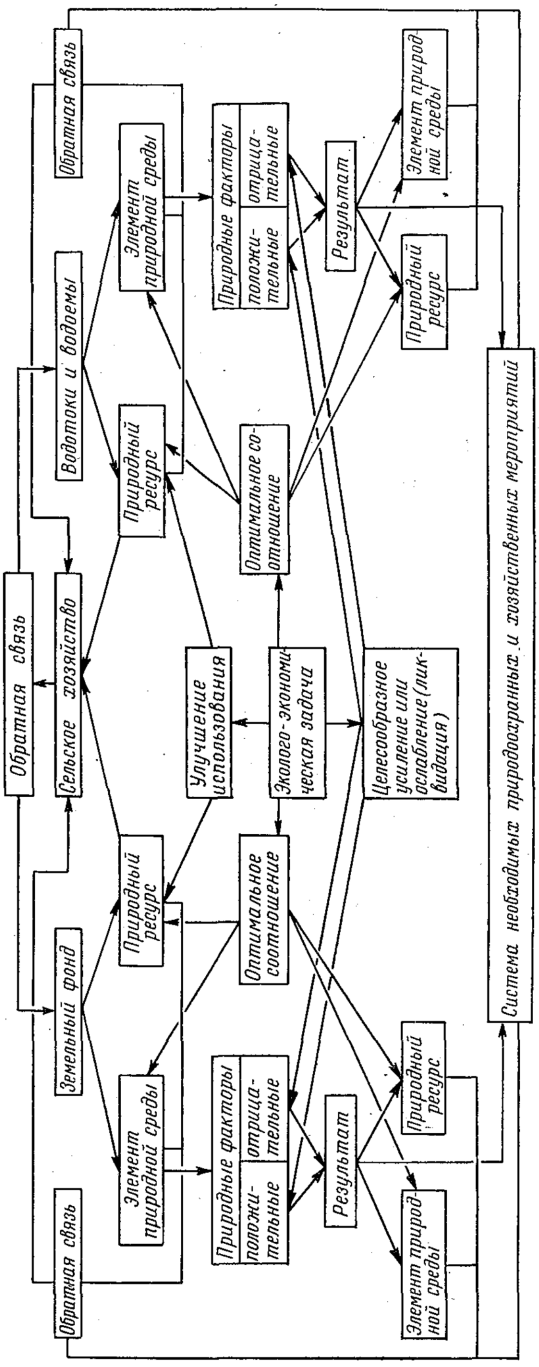


Рис. 4.6. Модель освоения земельных и водных ресурсов сельским хозяйством на расчетный уровень.

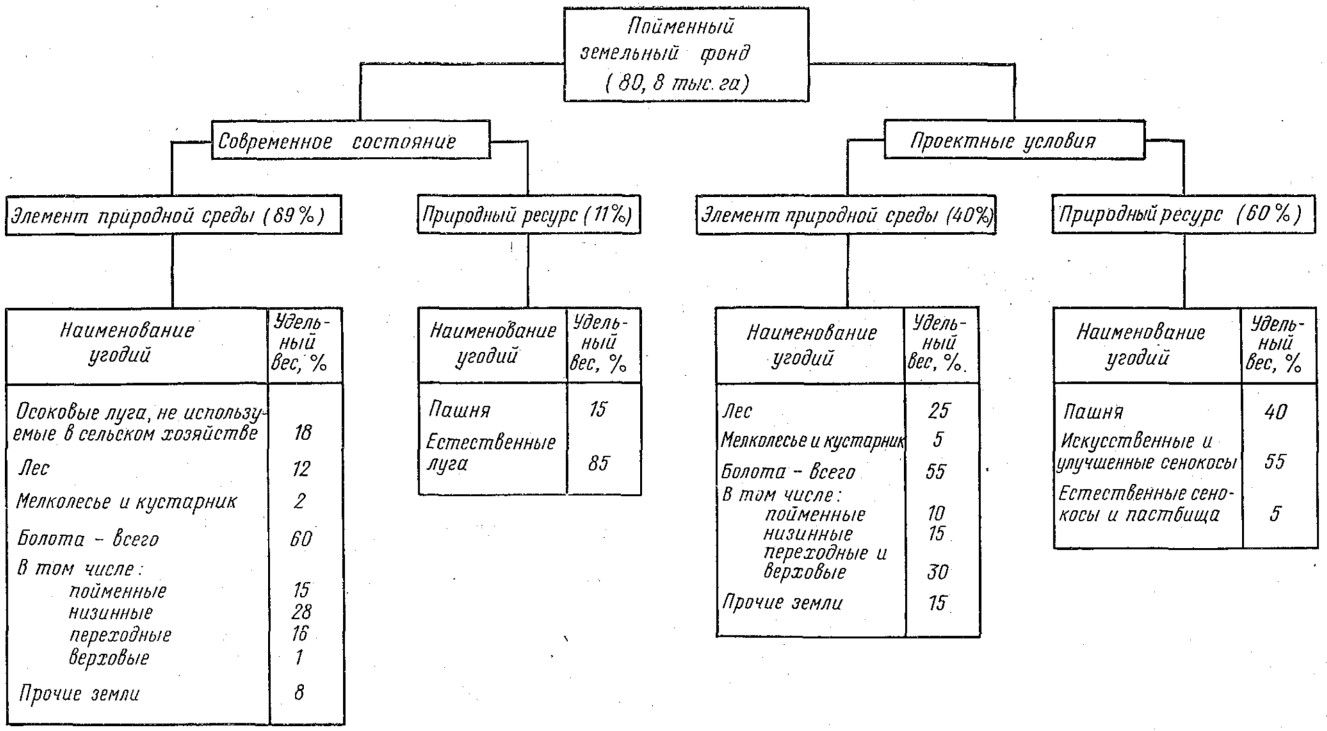


Рис. 4.7. Схема освоения земельного фонда в пойме р. Сухоны

растительного и животного мира, для улучшения условий жизни людей в этом районе.

Методика обоснования режима регулирования стока базируется на оценке взаимосвязи водотоков, водоемов и пойменных земель и предусматривает:

изучение влияния поверхностного и подземного водного питания пойм на мелиоративное состояние земель, биологическую и хозяйственную продуктивность лугов, на возможность хозяйственного освоения приречных и приозерных территорий в зависимости от их высотного расположения;

разработку требований сельского хозяйства к режиму уровней рек и озер, исходя из природных и экономических условий рассматриваемых районов;

установление технической возможности, экологической и экономической целесообразности реконструкции водотоков и водоемов, направленной на удовлетворение требований сельского хозяйства при хозяйственном освоении водных ресурсов путем гидротехнического строительства;

проведение экономической оценки пойменных земель с учетом водного фактора в естественных и зарегулированных условиях водного режима рек и озер;

подготовку необходимой информации для последующей эколого-социально-экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования.

Исходной базой для оценочных работ является построение модели затопления поймы в вегетационный период. В качестве примера рассмотрены р. Сухона, озера Кубенское, Лача, Воже (рис. 4.8—4.11).

На графике по оси ординат откладываются возможные значения уровней реки (озера) на контрольном для данного участка поймы водопосту; по оси абсцисс в правой части графика: ход уровней в естественных условиях для года расчетной обеспеченности, установленной в зависимости от планируемого варианта сельскохозяйственного использования пойменных земель, и требования сельского хозяйства к режиму уровней; в левой части графика: высотное расположение земельных угодий и оценка возможного сельскохозяйственного использования пойменных земель в зависимости от их высотного расположения и соответственно от условий водного режима.

Собственно площади освоения земель и необходимый объем мелиоративных работ (размер и местоположение участков) определяются по совмещенной почвенно-мелиоративной и ботанико-культуртехнической карте. Возможное воздействие намечаемых мероприятий (см. п. 4.1) ограничивается территорией, затопляемой максимальным паводковым уровнем обеспеченностью $P=1\ \%$ в естественных условиях.

Как было показано выше, территории, находящиеся в Сухоно-Кубено-Воже-Лачском районе, как правило, подвергаются периодическому затоплению весенними паводками на срок от 50 до

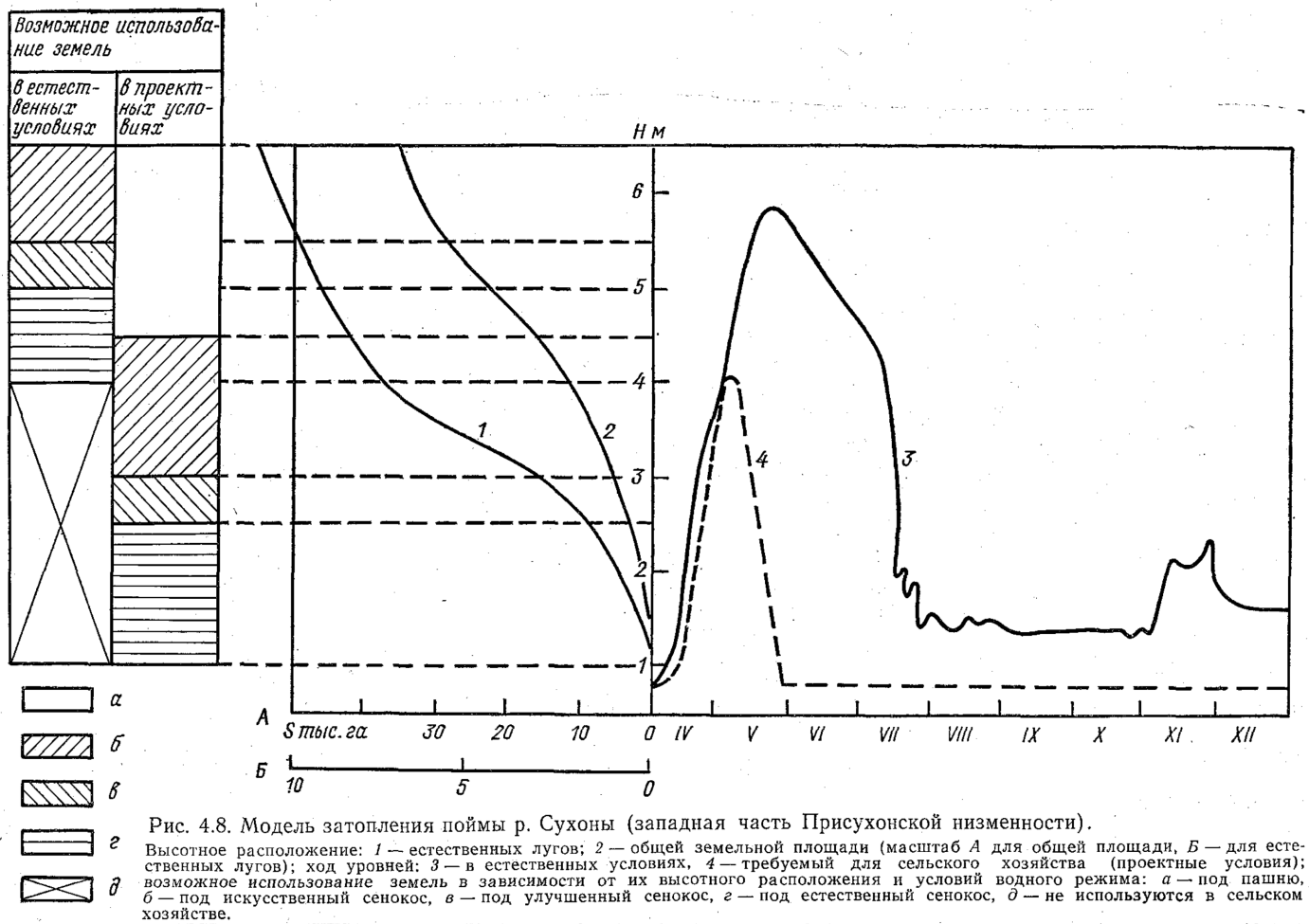


Рис. 4.8. Модель затопления поймы р. Сухоны (западная часть Присухонской низменности).

Высотное расположение: *1* — естественных лугов; *2* — общей земельной площади (масштаб *А* для общей площади, *Б* — для естественных лугов); ход уровней: *3* — в естественных условиях, *4* — требуемый для сельского хозяйства (проектные условия); *возможное использование земель* в зависимости от их высотного расположения и условий водного режима: *а* — под пашню, *б* — под искусственный сенокос, *в* — под улучшенный сенокос, *г* — под естественный сенокос, *д* — не используются в сельском хозяйстве.

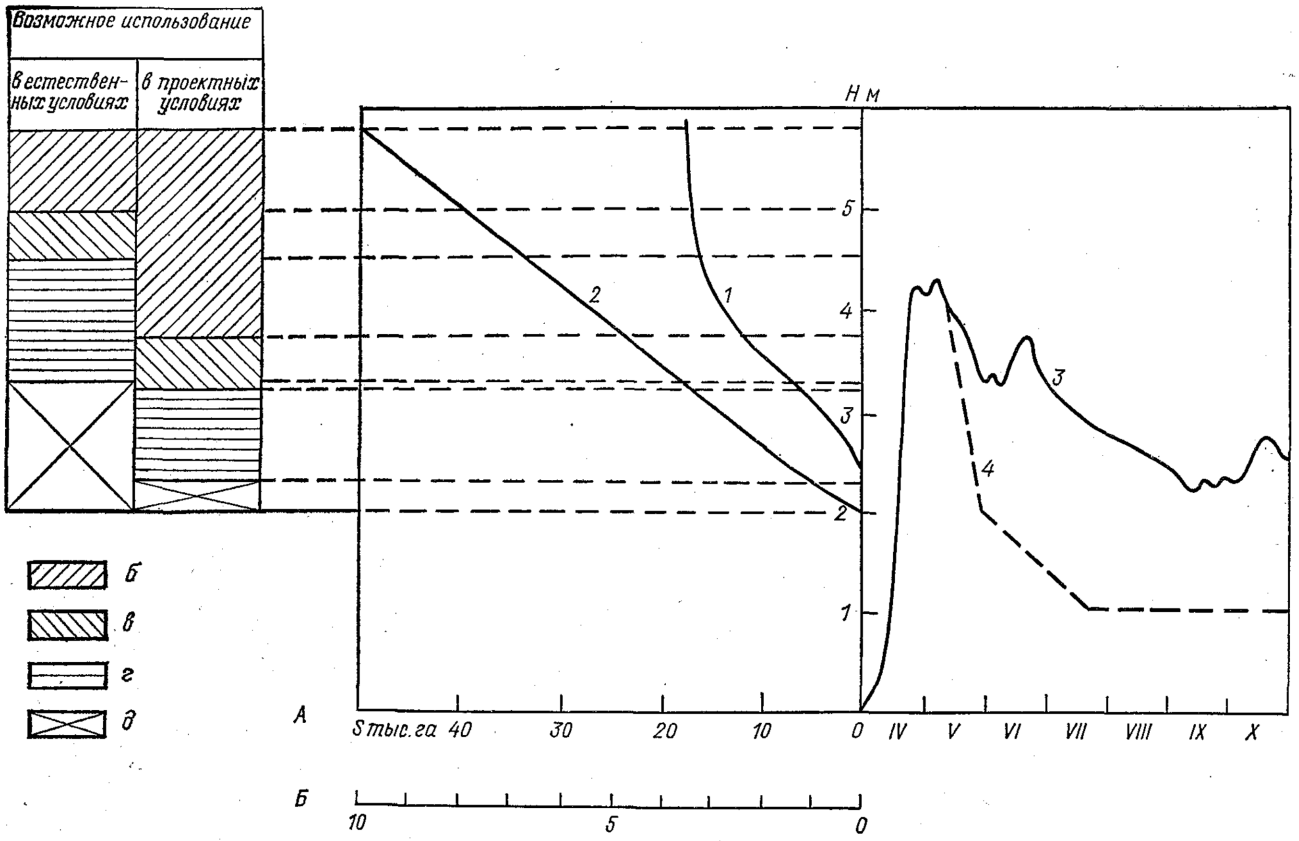


Рис. 4.9. Модель затопления поймы оз. Кубенского (усл. обозначения см. рис. 4.8).

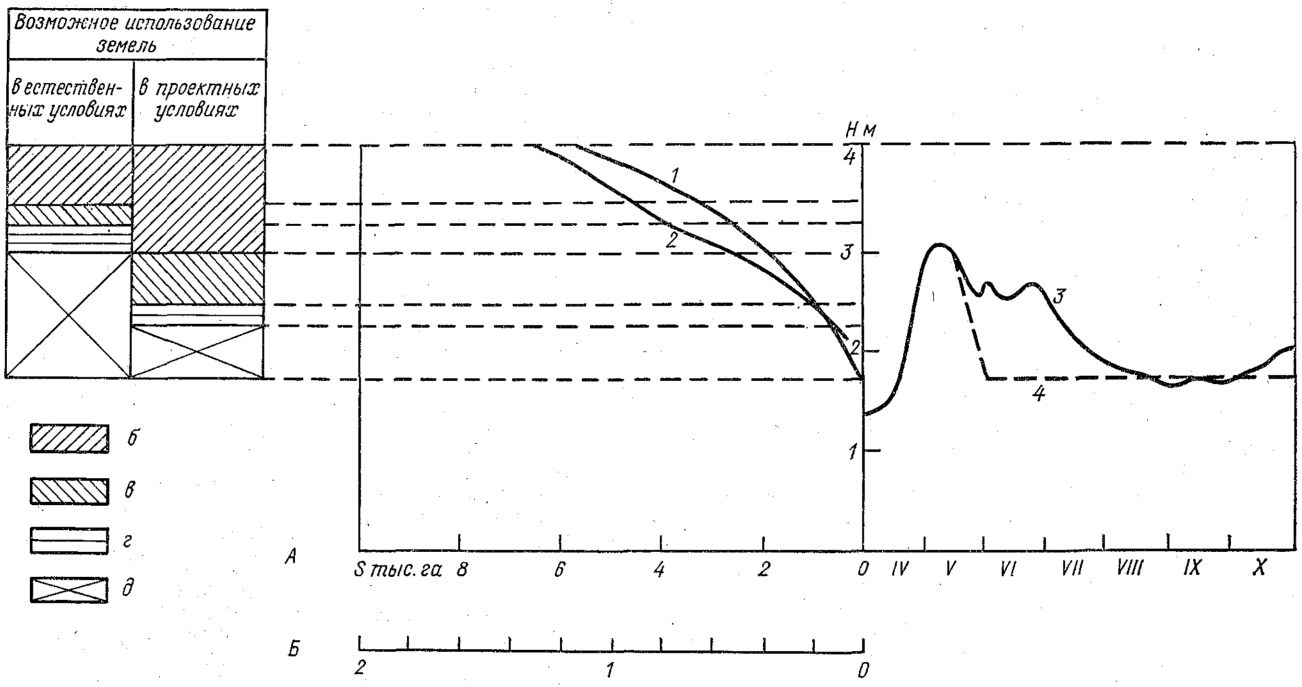


Рис. 4.10. Модель затопления поймы оз. Лача (усл. обозначения см. рис. 4.8).

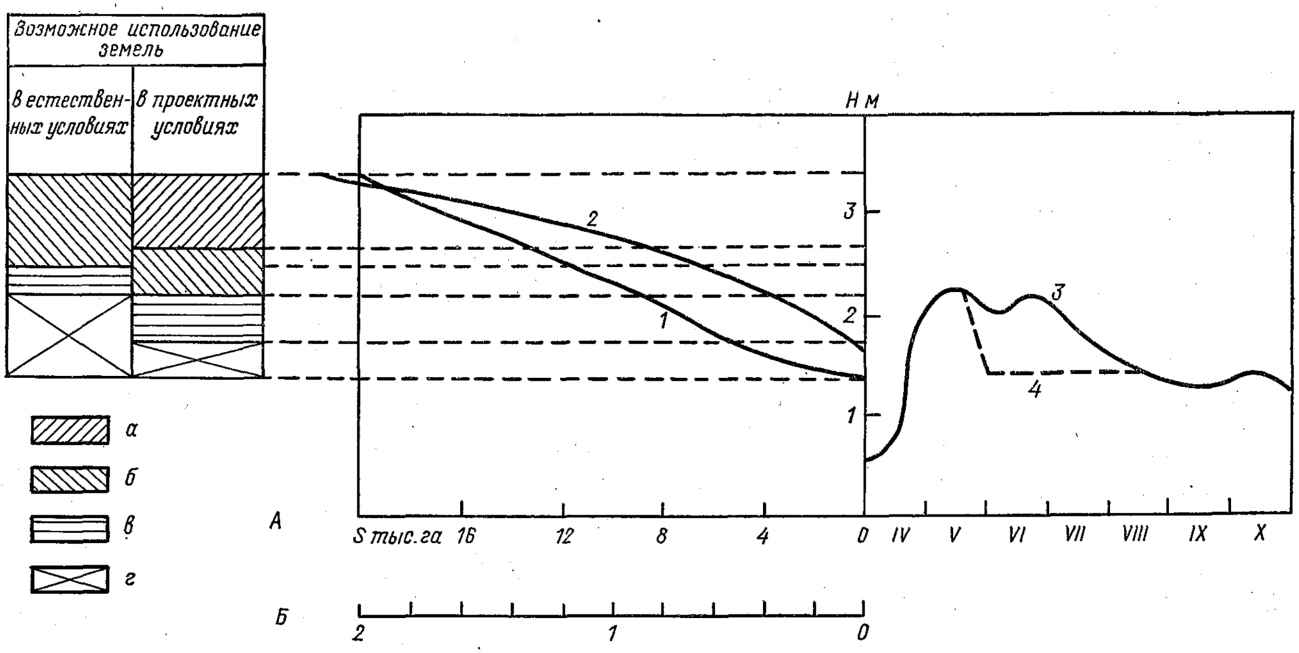


Рис. 4.11. Модель затопления оз. Воже (усл. обозначения см. рис. 4.8).

120 сут; значительные площади часто находятся в длительном подтоплении вследствие высокого стояния меженных уровней. Это вызывает избыточное переувлажнение и заболачивание пойменных земельных угодий, что в современных условиях является одной из главных причин их слабого сельскохозяйственного использования. При существующем гидрологическом режиме значительная часть пойменных земель не может быть осушена самотечным отводом воды из осушительной сети. Поэтому первоочередным мероприятием для создания более благоприятного режима на пойменных землях является регулирование поемности в сторону ее резкого сокращения и по возможности понижения меженных уровней в вегетационный период.

Варианты регулирования стока рек и озер назначаются в зависимости от планируемого хозяйственного использования пойменных земель. Разработанные рекомендации по возможному изменению соотношения земельного фонда как элемента природной среды и земельного фонда как природного ресурса (см. рис. 4.7) обусловливают необходимость рассмотрения двух вариантов регулирования стока: первый направлен на освоение земель под пашню и создание искусственных и улучшенных сенокосов (пахотно-сенокосный вариант), второй — на создание искусственных и улучшенных сенокосов без дополнительного освоения земель под пашню (сенокосный вариант).

Первый вариант предъявляет жесткие требования к водному режиму, заключающиеся в резком снижении паводковых уровней и сокращении продолжительности стояния уровней. Второй вариант предусматривает сокращение продолжительности стояния уровней без снижения (по сравнению с естественными) максимальных уровней.

Водохозяйственные и экономические расчеты, учитывающие интересы всех участников водохозяйственного комплекса, показали возможность обеспечения I варианта регулирования для р. Сухоны, II варианта — для озер Кубенского, Воже и Лача.

Для первого варианта за расчетный принят год 10 %-ной обеспеченности, для второго варианта — год 25 %-ной обеспеченности по максимальным уровням. Для первого варианта снижение максимальных уровней может быть обеспечено во все годы. Однако для сохранения поемности лугов, расположенных на низких отметках поймы, в маловодные годы должно обеспечиваться сохранение высоты максимальных уровней.

Проектный режим р. Сухоны для расчетного года 10 %-ной обеспеченности по продолжительности стояния уровней, определяющих сельскохозяйственное использование пойменных земель, применим к годам 5—25 %-ной обеспеченности; в годы обеспеченностью менее 5 % допускается увеличение продолжительности стояния этих уровней.

Проектный режим оз. Кубенского для расчетного года 25 %-ной обеспеченности применим к годам 10—35 %-ной обеспеченности; для озер Воже и Лача соответственно к годам 10—50 %-ной обес-

печенности. В многоводные годы обеспеченностью менее 10 % допускается увеличение продолжительности стояния уровней против расчетной в год 25 %-ной обеспеченности.

В средневодные и маловодные годы продолжительность затопления поймы озер и р. Сухоны в пределах определенных отметок равна или меньше соответствующих расчетных значений.

В целях обеспечения объективной оценки эффективности регулирования водного режима озер и р. Сухоны должен быть рассмотрен вариант возможного (перспективного) сельскохозяйственного использования пойменных земель в естественных условиях, исходя из одинаковых требований к водному режиму.

На рис. 4.8—4.11 графически показано влияние естественного и проектного водных режимов озер и р. Сухоны на сельскохозяйственное использование пойменных земель, расположенных на различных высотных отметках.

В проектных гидрографах уровней для различных вариантов сельскохозяйственного использования предусматривается резкое сокращение продолжительности затопления и подтопления пойменных земельных угодий до допустимых пределов для каждого вида угодий. При этом продолжительность затопления земель предлагается сократить до 40—50 сут, или в 2 раза по сравнению с продолжительностью при естественном гидрологическом режиме. Создание искусственных и улучшенных сенокосов предусматривается на площадях, затапливаемых весенними паводковыми уровнями обеспеченностью $P = 25$ % соответственно до 20—25 и от 20—25 до 40 сут. Указанные пределы продолжительностей затопления позволяют рекомендовать дифференцированное использование земель при возделывании двух видов травосмесей. Наиболее длительное затопление от 20—25 до 40 сут выдерживают бекмания и канареечник.

Использование земель под пашню с озимыми рекомендуется на площадях, затапливаемых весенними паводками уровнями обеспеченностью $P = 10$ % на срок не свыше 1—3 сут.

В каждом случае сельскохозяйственное использование пойменных угодий предусматривается после проведения культуртехнических работ, осушения земель и их окультуривания.

Создание благоприятного, стабильного и управляемого для сельского хозяйства водного режима озер и р. Сухоны позволит улучшить использование существующих пойменных сельскохозяйственных угодий и дополнительно вовлечь в сельскохозяйственное производство новые земли (табл. 4.10). По нашим расчетам, это позволит обеспечить рост сельскохозяйственного производства более чем в два раза по сравнению с показателями при развитии сельского хозяйства в приречных и приозерных территориях в естественных условиях.

Следует подчеркнуть, что рассмотренная проблема может решаться поэтапно. Авторы не претендуют на ее решение с достоверностью проекта, предлагают методику учета и оценки требований сельского хозяйства к водному режиму при выборе схемы

Таблица 4.10

Оценка эффективности возможной реконструкции водного режима озер Кубенского, Лача, Воже и р. Сухоны

Показатели	В естественных условиях		В условиях реконструкции водного режима	Эффект регулирования стока рек и озер по отношению к	
	современное состояние	перспектива развития		современному состоянию (гр. 4—гр. 2)	перспективному развитию (гр. 4—гр. 3)
1	2	3	4	5	6
Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	24,49	61,42	123,02	98,53	61,60
В том числе: пашня	4,10	28,10	58,60	54,50	30,50
сенокосы и пастбища	20,39	33,32	64,42	44,03	31,10
Стоимость валовой продукции, млн руб	2,26	28,99	60,43	58,17	31,44
Чистый доход, млн руб	0,47	12,60	26,84	26,37	14,24
Капиталовложения, млн руб	—	157,20	285,76	285,76	128,56
Коэффициент эффективности (без учета фактора времени)	—	0,077	—	0,092	0,111

водохозяйственного и мелиоративного строительства в этом районе.

Приведем еще один пример использования рассмотренной выше методики для обоснования предложений, направленных на недопущение дальнейшего ухудшения существующих условий затопления и подтопления Волхов-Ильменской поймы и на создание оптимальных условий питания поймы поверхностными и подземными водами для удовлетворения требований сельского хозяйства (рис. 4.12, 4.13). При определении режима регулирования стока р. Волхов и оз. Ильмень учтены интересы других отраслей народного хозяйства (энергетики, водного транспорта, рыбного хозяйства) и требования по охране природы.

Необходимо отметить, что на гидрографах уровней предусмотрено сокращение продолжительности затопления пойменных земель в 2 раза, снижение максимальных паводковых уровней на 1,0—1,5 м. При этом меженные уровни на оз. Ильмень повышаются в среднем на 0,5 м, а на р. Волхов понижаются на 1,0 м.

Стабилизация меженных уровней на оз. Ильмень на отметке 18,0 м предотвратит периодически повторяющиеся заморы рыбы и улучшит санитарные условия для населенных пунктов, расположенных на побережье озера. Кроме того, в проектных условиях достигается понижение среднемноголетних уровней озера на 0,4 м, а на р. Волхов на 0,9 м, что освободит от подпора грунтовых вод

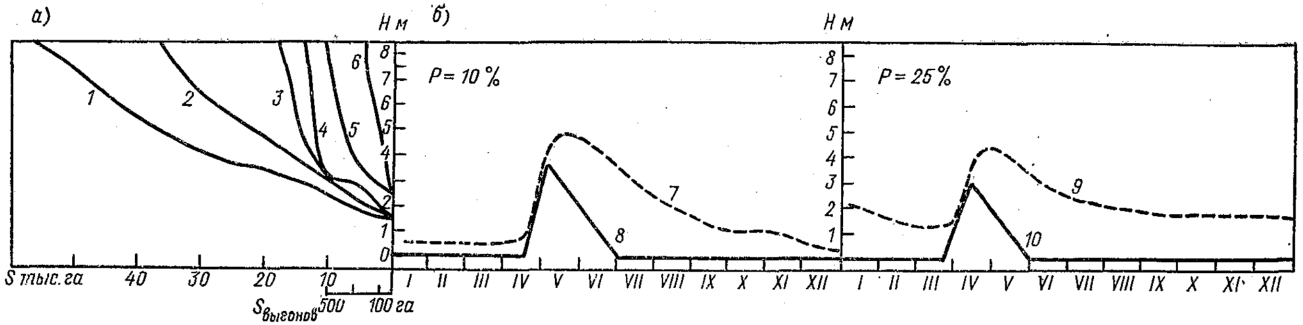


Рис. 4.12. Характеристика условий затопления поймы р. Волхов при естественном и проектном водном режиме.

а) высотное расположение пойменных земельных угодий: *1* — земельный фонд (всего), *2* — сельскохозяйственные угодья, *3* — несельскохозяйственные угодья, *4* — сенокосы, *5* — пашня и залежь, *6* — выгоны; *б*) ход уровней: *7*, *9* — в естественных условиях; *8*, *10* — в проектных условиях.

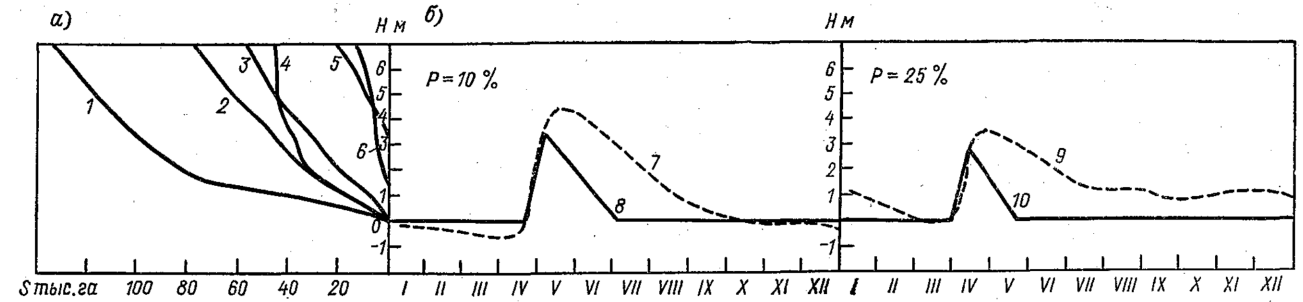


Рис. 4.13. Характеристика условий затопления поймы оз. Ильмень при естественном и проектном водном режиме (усл. обозначения см. рис. 4.12).

обширные пойменные территории; будут созданы условия для процесса «подсушки» пойменных земель, где избыточное переувлажнение обусловлено грунтовым водным питанием.

Возможности сельскохозяйственного использования земель определены исходя из технических условий и норм на проектирование осушительных систем для существующего и предлагаемого авторами режима уровней. Границы сельскохозяйственного использования земель приняты по условиям допустимой продолжительности и частоты затопления с учетом природно-климатических особенностей района:

для пашни 1—3 сут повторяемостью не чаще 1 раза в 10 лет;

для искусственных сенокосов до 15—25 сут, повторяемостью не чаще 1 раза в 4 года;

для улучшенных сенокосов с более устойчивым к вымоканию травостоем при затоплении до 40 сут, повторяемостью не чаще 1 раза в 4 года;

для естественных сенокосов (заболоченные луга и травяные болота) свыше 40 сут.

Предлагаемая нижняя граница пашни дана с учетом необходимости бесподпорной работы закрытых дренажных систем в посевной период.

Проектный режим уровней на оз. Ильмень позволяет понизить границы использования земель под пашню на 1,5 м, а под улучшенные и искусственные сенокосы на 1,8 м. Для сельскохозяйственного использования пойменных земель р. Волхов будут созданы еще более благоприятные условия, обеспечивающие полное использование существующих сельскохозяйственных угодий и освоение потенциально плодородных земель. В результате будут созданы условия для возврата в сельскохозяйственное производство снятых с учета в 1958 г. угодий, освоения новых земель и интенсивного ведения сельского хозяйства в рассматриваемом районе.

В табл. 4.11 приведены пригодные для сельскохозяйственного использования площади в поймах оз. Ильмень и р. Волхов при существующем водном режиме и после предлагаемой реконструкции. Реконструкция обеспечит прирост площади сельскохозяйственных угодий на 63,9 тыс. га, т. е. более чем в 2 раза. Сельскохозяйственная освоенность поймы возрастет с 29 % до 63 % при существенном росте интенсификации использования сельскохозяйственных угодий (до 96 %).

По «Нормативам стоимости освоения новых земель взамен изымаемых для несельскохозяйственных нужд», утвержденным Советом Министров РСФСР в 1976 г., стоимость снятых с учета в 1958 г. сельскохозяйственных угодий составляет 185 млн руб. Если по указанным нормативам оценить обеспечиваемый реконструкцией прирост площадей, то стоимость неиспользуемых пойменных земель в сельском хозяйстве возрастет до 264 млн руб.

Изложенные предложения, по мнению авторов, должны стать основой для разработки технической стороны проблемы улучшения мелиоративного состояния Волхов-Ильменской поймы.

Таблица 4.11

Проект сельскохозяйственного использования пойменных земель оз. Ильмень и р. Волхов (тыс. га)

Наименование земельных угодий	В современных условиях			После реконструкции			Прирост площади сельхозугодий		
	всего	в том числе		всего	в том числе		всего	в том числе	
		оз. Ильмень	р. Волхов		оз. Ильмень	р. Волхов		оз. Ильмень	р. Волхов
Пашня	7,6	5,8	1,8	21,3	17,3	4,0	13,7	11,5	2,2
Сенокосы искусственные и улучшенные	28,7	25,0	3,7	70,3	52,2	18,1	41,6	27,2	14,4
естественные	16,7	11,3	5,4	19,5	17,2	2,3	2,8	5,9	3,1
Долголетние культурные пастбища	3,3	2,5	0,8	9,1	7,4	1,7	5,8	4,9	0,9
Всего	56,3	44,6	11,7	120,2	94,1	26,1	63,9	49,5	14,4

4.3. Учет фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий

4.3.1. Общая характеристика наводнений

Под наводнениями понимаются затопления территорий, которые приводят к отрицательным последствиям в хозяйстве затрагиваемых районов, препятствуют более интенсивному их освоению и в конечном счете сдерживают развитие производительных сил.

Наводнения по их происхождению можно разделить на три основные группы. К первой группе относятся наводнения, основной причиной возникновения которых является обильное и сосредоточенное поступление воды с водосбора в результате снеготаяния, дождей и ливней или их сочетания. Ко второй группе относятся наводнения, которые возникают в связи с ледовыми явлениями в реках. К третьей группе относятся наводнения, вызываемые ветровым нагоном воды в устьях рек.

Указанные группы наводнений в зависимости от тех или иных особенностей происхождения и характерных признаков появления подразделяются на несколько типов. Наибольшее распространение на земном шаре и в том числе в Советском Союзе имеют наводнения первой группы.

Отрицательное влияние наводнений проявляется в форме прямых и косвенных нарушений в народном хозяйстве [6, 32, 168, 127,

96]. К прямым нарушениям относятся те, которые являются результатом физического воздействия наводнений на объекты народного хозяйства, а именно: разрушение и повреждение жилых и производственных строений, автомобильных и железных дорог, мостов, линий электропередачи и связи, мелиоративных систем и других объектов и сооружений; уничтожение и порча оборотных средств промышленных и сельскохозяйственных предприятий (сырья, топлива, материалов, удобрений, семян, кормов и т. п.); частичная или полная гибель урожая сельскохозяйственных культур и травостоя на сенокосах и пастбищах; гибель и порча готовой продукции промышленных и сельскохозяйственных предприятий; смыв или занос песком плодородного слоя почвы; гибель скота и целый ряд других нарушений.

Косвенные нарушения являются следствием прямых нарушений, причиняемых народному хозяйству наводнениями. К ним относятся потери народного хозяйства, связанные: с дополнительными затратами по завозу строительных материалов, сельскохозяйственной продукции и кормов в пострадавшие районы; с повышенным падежом скота и снижением его продуктивности в связи с гибелью кормов и ухудшением сенокосов и пастбищ; с расходами по сельскохозяйственному освоению новых земель взамен выбывших из оборота или переведенных в более низкую категорию; с переносом из зоны наводнений строений и сооружений; с преждевременной и повышенной амортизацией строений и сооружений; с расходами автомобильного и железнодорожного транспорта в связи с приостановкой или замедлением движения; с затратами труда и средств при мобилизации населения для спасательных работ и ликвидации последствий наводнений и т. п.

Наводнения нарушают производственную деятельность промышленных и сельскохозяйственных предприятий, транспорта, строительства и других отраслей, что ведет к невыполнению производственных планов, к снижению технико-экономических показателей производства. Наводнения вызывают организационно-хозяйственные затруднения, неустойчивость сельскохозяйственного производства, препятствуют сельскохозяйственному освоению плодородных пойменных земель, создают трудности в планировании размещения предприятий и объемов производства.

Наиболее частые, большие по силе и охвату территории наводнения происходят на Дальнем Востоке, где борьба с ними является основной водохозяйственной проблемой, от решения которой в значительной степени зависит дальнейшее развитие производительных сил этого важного экономического района страны. В зоне разрушительного воздействия наводнений находятся города Хабаровск, Благовещенск, Комсомольск-на-Амуре, Биробиджан, Лесозаводск, Уссурийск, Дальнереченск, Свободный, Белогорск и другие, многие десятки сельских населенных пунктов, расположено 1,4 млн га плодороднейших пойменных земель, из которых вследствие наводнений не используется в сельском хозяйстве 47 % площади. По данным института Промстройниипроект [169], ущерб по

отраслям народного хозяйства Дальневосточного экономического района распределяется следующим образом (табл. 4.12).

Как видно из табл. 4.12, наибольший ущерб от наводнений терпит сельское хозяйство. При этом на долю Амурской области приходится 53,6 %, Приморского края — 29,0 %, Хабаровского края — 17,4 %.

Таблица 4.12

Структура ущерба от наводнений на Дальнем Востоке

Отрасли народного хозяйства	Ущерб от наводнений, %
Промышленность	12,9
Сельское хозяйство	54,5
Транспорт и связь	10,0
Коммунальное хозяйство	6,6
Здравоохранение, народное образование, культура, торговля	2,4
Личная собственность граждан	9,3
Прочие	4,3
Итого	100

По материалам СОПС АН СССР, института Ленгидропроект, Дальневосточного института Промстройниипроект, институтов Гипроводхоз и Ленгипроводхоз, института Водных проблем АН СССР и по данным ряда исследований [6, 168, 169] установлено, что до строительства Зейского комплексного гидроузла наибольший ущерб народному хозяйству причиняли наводнения на р. Зее; удельный вес ущерба от этих наводнений в общем ущербе по Дальневосточному экономическому району составлял 25 %.

К числу мероприятий по борьбе с наводнениями относятся: регулирование стока рек путем строительства комплексных гидроузлов с аккумулирующими водохранилищами, обвалование приречных территорий, регулирование стока рек в сочетании с обвалованием приречных территорий, разработка и внедрение научно обоснованной системы ведения хозяйства и в первую очередь сельского хозяйства в долинах рек с учетом фактора наводнений. Осуществление указанных мероприятий, по мнению авторов, невозможно без определения их экономической эффективности, без экономической оценки приречных территорий с учетом фактора наводнений.

В последующих разделах настоящей главы вниманию читателей предлагаются основные положения методики учета фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий и применения результатов оценки для оптимизации сельскохозяйственного использования земли в долинах рек, подверженных наводнениям, и определения экономической эффективности мероприятий по борьбе с наводнениями. Методика разработана и реализована

авторами при проектировании строительства Зейского, Бурейского и Дальнереченского комплексных гидроузлов на реках Зее, Бурее (Амурская область) и Большой Уссурке (Приморский край). Она иллюстрируется на примере р. Зеи.

4.3.2. Методика учета фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий

Проблема борьбы с наводнениями издавна привлекала внимание ученых и инженеров. Исследование проблемы экономической оценки отрицательного влияния наводнений на хозяйство и природу Дальнего Востока особенно интенсивно началось с середины 50-х годов нашего столетия, когда появились реальные возможности регулирования стока рек гидроузлами. Именно в это время правительством были выделены значительные средства на производство научных, изыскательских и проектных работ для составления схем использования водных ресурсов рек Дальнего Востока в первую очередь в гидроэнергетике и борьбе с наводнениями. Решением этой проблемы занимались СОПС АН СССР (А. Б. Марголин), Дальневосточный филиал АН СССР (А. В. Стоценко, П. В. Тарасов и др.), Ленгидропроект (Г. А. Претро, А. И. Макаров, И. К. Смирнов, М. И. Сыроежкин, В. И. Телешев, В. С. Матвеев, М. М. Розанов, Л. Я. Ромов и др.), Ленгипроводхоз (Н. А. Тимофеев, М. П. Пиварелис, Д. А. Плотников, В. Н. Высотский и др.), Дальневосточный промстройниипроект (В. Г. Черненко, Б. С. Коваленко, М. В. Колесниченко и др.), Институт водных проблем АН СССР (А. Б. Авакян, В. А. Шарапов и др.) [32, 159, 168, 169].

При разработке методики учета фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий использованы материалы экономических обследований пойм рек Зеи, Среднего Амура, Буреи, Уссури, Б. Уссурки, проведенных одним из авторов в составе экспедиций институтов Ленгипроводхоз (1959—1961 гг.), Ленгидропроект (1962—1977 гг.), а также научных исследований, проведенных на кафедре экономики и организации гидротехнического строительства Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина (1978—1984 гг.).

Экономическая оценка приречных территорий с учетом фактора наводнений есть специальный вид социально-экономической оценки объектов природопользования, необходимый для решения следующих основных задач:

объективной оценки пойменных земель при проведении общей экономической оценки земли в масштабе области (края), экономического района и страны в целом;

объективной оценки производственной деятельности приречных предприятий, в первую очередь сельскохозяйственных, и разработки плана развития хозяйства в долинах рек;

организации рационального использования приречных территорий с максимальной экономией общественного рабочего времени;

дифференцированного научно обоснованного планирования производства продукции с учетом объективных возможностей природно-экономических зон, районов и отдельных предприятий;

разработки мероприятий по выравниванию условий воспроизводства на предприятиях, находящихся в неодинаковых природных условиях;

определения очередности и эффективности капитальных вложений в развитие районов, отдельных предприятий и на мероприятия по борьбе с наводнениями;

усиления государственного контроля по учету и охране водных и земельных фондов страны.

Общая оценка влияния наводнений на приречные территории характеризуется частотой повторения различных по силе наводнений: катастрофических, больших, средних и малых. В основу указанной классификации наводнений положен критический показатель площади затопления при определенных характеристиках (табл. 4.13).

Вероятность различных по силе наводнений определяется путем построения графиков, на которых по оси ординат откладываются

Таблица 4.13

Классификация наводнений

Наводнения	Характеристика нарушений
Малые	Затопляются низкие места поймы, где расположены естественные заболоченные луга, затопляемые во время весенних половодий и летне-осенних наводнений
Средние	Затопляются сенокосы и пастбища; значителен удельный вес заболоченных земель, в том числе сельскохозяйственных угодий; частично затопляются пахотные земли поймы, отдельные строения, сооружения, участки дорог и т. п.
Большие	Затопляются основные лугопастбищные угодья, $^1/_2$ пахотных земель, $^1/_3$ населенных пунктов, нарушается автодорожная связь, инженерные сети и коммуникации; существенны разрушения и производственные потери; создаются комиссии по борьбе со стихийным бедствием, осуществляется частичная эвакуация населения и материальных ценностей из опасных зон
Катастрофические	Все земли поймы выбывают из сельскохозяйственного производства; затапливаются или остаются на островном положении сельские населенные пункты; затапливаются пониженные районы городов; сносятся строения, размываются автомобильные и железные дороги, нарушаются линии связи и электропередачи; приостанавливается производственная деятельность в опасных зонах; ведутся спасательные работы

значения уровней, а по оси абсцисс — обеспеченность уровней в процентах (правая часть графика) и в левой части графика — площадь приречной территории с количественной оценкой ее хозяйственной освоенности (численность проживающего населения, площади различных видов сельскохозяйственных угодий, основные производственные и непроизводственные фонды в физических и стоимостных единицах) в зависимости от высотного расположения,

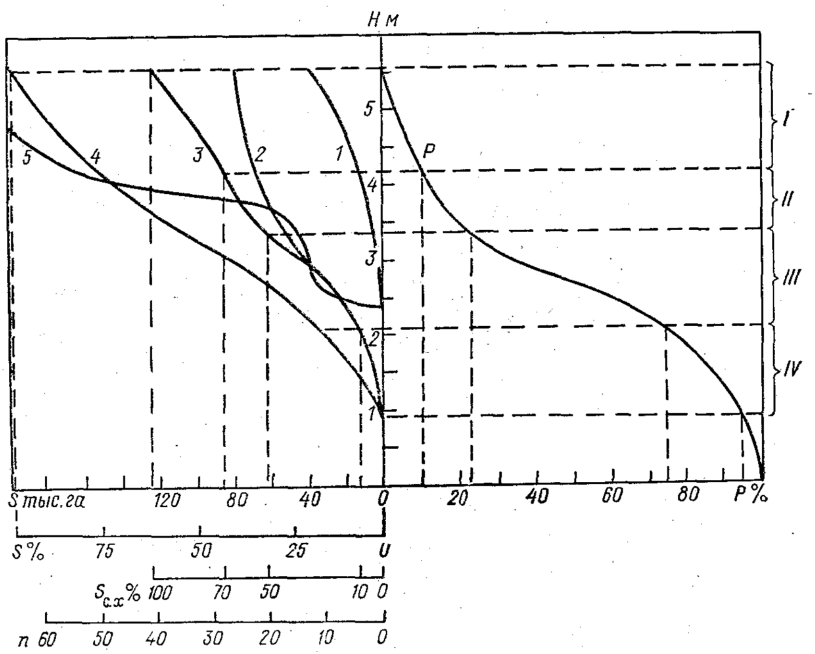


Рис. 4.14. Вероятность наводнений в долине р. Зеи (участок от устья р. Селемджи до устья р. Зеи).

Наводнения: I — катастрофические, *II* — большие, *III* — средние, *IV* — малые; *Р* — обеспеченность уровней воды в реке; *1—5* — высотное расположение земельных угодий и населенных пунктов *n*: *1* — пахотные земли, *2* — сенокосы и пастбища, *3* — все сельскохозяйственные угодья, *4* — общая земельная площадь, *5* — населенные пункты.

т. е. затопляемые при уровнях воды в реке обеспеченностью от 1 до 100 %. Графики строятся с привязкой к контрольным для данного участка реки водомерным постам (рис. 4.14).

Зависимость площади затопления приречной территории и находящихся на ней объектов народного хозяйства от уровней на контрольных водопостах устанавливается путем планиметрирования государственных топографических карт и планов землепользования с предварительным нанесением на них зон затопления с помощью продольного профиля реки с кривыми свободной поверхности воды обеспеченностью 1, 5, 10, 25, 50 и 95 %.

Степень хозяйственной освоенности приречной территории в зонах различной обеспеченности затопления уточняется по результатам специальных технико-экономических изысканий и обследований, вплоть до аэрофотосъемки.

В ущерб от наводнений следует включать не только прямые потери от затопления существующих объектов народного хозяйства, но и потери от сдерживания хозяйственного освоения приречной территории. В связи с этим при разработке методики оценки отрицательных последствий наводнений и эффективности борьбы с ними принят следующий основополагающий принцип: главное в решении проблемы борьбы с наводнениями — создание условий для развития производительных сил приречных районов. Научно обоснованный учет влияния наводнений на развитие отраслей народного хозяйства должен иметь систему показателей, использование которых позволит в условиях наводнений наиболее рационально вести хозяйство и осуществлять размещение отраслей и объектов и обеспечит объективную оценку экономической эффективности борьбы с наводнениями путем строительства комплексных гидроузлов.

Хозяйственная освоенность приречных территорий, страдающих от наводнений, зависит главным образом от уровня развития сельскохозяйственного производства как определяющего фактора инфраструктуры в долинах рек.

Объективная оценка влияния наводнений на сельскохозяйственное производство может быть осуществлена только путем определения абсолютной и относительной экономической производительности земель, подверженных наводнениям, и эффективности их возделывания как в условиях постоянно повторяющихся наводнений, так и при защите от них.

Отрицательное влияние наводнений заключается в гибели посевов, снижении продуктивности и использования сенокосов и пастбищ, и в потере затрат труда и средств, вложенных в землю до наступления наводнений, что уменьшает ценность пойменных земель по показателям стоимости валовой продукции, чистого дохода и рентабельности производства. Наводнения сдерживают интенсификацию использования существующих сельскохозяйственных угодий (проведение мелиоративных работ, создание искусственных сенокосов и пастбищ) и вовлечение новых земель в сельскохозяйственное производство. Так, например, в долинах рек Дальнего Востока около 50 % пойменных земель не используются в сельском хозяйстве из-за наводнений.

Ниже приведены основные положения методики экономической оценки земель в долинах рек с учетом фактора наводнений. Факт затопления земель без учета времени наступления наводнений и продолжительности затопления в вегетационный период не может рассматриваться как случай 100 %-ной гибели урожая сельскохозяйственных культур и травостоя на сенокосах и пастбищах. Зависимость вероятности гибели урожая $P_у$ от обеспеченности затопления земель P имеет вид $P_у \leqslant P$. Зависимость вероятности

гибели урожая $P_у$ от высотного расположения сельскохозяйственных угодий на пойме и обеспеченности затопления P строится на основе увязки сроков затопления за многолетний период со сроками основных фаз развития сельскохозяйственных культур и травостоя на сенокосах и пастбищах.

Исследованием установлено, что на землях с обеспеченностью затопления 12,5 % и менее вероятность гибели урожая всех сельскохозяйственных культур одинакова и совпадает с обеспеченностью затопления пашни: $P_у = P$; на землях с обеспеченностью затопления более 12,5 % вероятность гибели урожая различных сельскохозяйственных культур равна или меньше обеспеченности затопления пашни: $P_у \leqslant P$. При общем незначительном отклонении показателей вероятности гибели урожая различных сельскохозяйственных культур на пашне, расположенной в пределах той или иной обеспеченности затопления, наименьшая вероятность гибели урожая выявлена для овощных культур.

Возобновление вегетации растений на естественных лугах в пойме р. Зеи в среднем наступает в конце второй — начале третьей декады апреля; средняя дата цветения преобладающих злаков — начало июля; сенокошение обычно начинается в конце первой декады июля. Полевым обследованием, а также на основе изучения материалов о последствиях наводнений установлено, что гибель неубранного урожая (травостоя) происходит при затоплении сенокосов, наступающем в июне и позднее; скошенное и оставленное на пойме сено при наводнениях (затоплении) гибнет; при сохранении сена на пойме $P_у = P$ на территории с обеспеченностью затопления $P = 1 \ldots 50$ %, $P_у < P$ — соответственно при $P > 50$ %. В последнем случае разница составляет около 5 %.

Продолжительность пастбищного периода на рассматриваемом участке поймы р. Зеи в среднем составляет 163 сут — с 10 мая по 20 октября. При затоплении пастбищ в мае, которое, как правило, кратковременно и продолжается не более двух недель, через месяц после схода воды с поймы возможно использование пастбищ. Более поздние наводнения исключают дальнейшее использование пастбищ из-за затопления и заиления сформировавшегося травостоя, а также из-за переувлажнения земель (в сочетании с наложением летне-осенних дождей). Анализ частоты и продолжительности затопления в течение пастбищного периода за многолетний период позволил определить коэффициент использования пастбищ, расположенных на различных высотных отметках поймы и соответственно имеющих различную обеспеченность затопления:

$$k_з^P = \frac{n_{исп}}{n}, \qquad (4.13)$$

где $n_{исп}$ (сут) — продолжительность использования затопляемой площади пастбищ, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления (P); n (сут) — продолжительность пастбищного периода при отсутствии наводнений.

Среднемноголетний коэффициент использования $k_з$ суммарной затопляемой площади пастбищ $\sum_{P_{100}}^{P_1} S$ за 100 %-ный ряд лет определяется по следующей формуле с помощью графического построения кривой обеспеченности затопления пастбищ $S=f(P)$ в зависи-

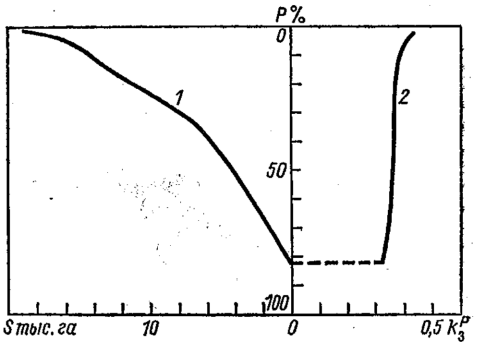


Рис. 4.15. Характеристика использования затопляемой площади пастбищ при наводнениях на р. Зее.

1 — вероятность затопления пастбищ, *2* — коэффициент использования затопляемой площади пастбищ в зависимости от силы наводнения.

мости коэффициента использования затопляемой площади пастбищ от обеспеченности затопления: $k_з^P=f(P)$ (рис. 4.15):

$$k_з = \frac{\begin{gathered}\left(S_{P_1}k_з^{P_1}+S_{P_2}k_з^{P_2}\right)(P_2-P_1)+\left(S_{P_2}k_з^{P_2}+S_{P_3}k_з^{P_3}\right)(P_3-P_2)+\ldots+\\ +\left(S_{P_m}k_з^{P_m}+S_{P_n}k_з^{P_n}\right)(P_n-P_m)\end{gathered}}{\begin{gathered}(S_{P_1}+S_{P_2})(P_2-P_1)+(S_{P_2}+S_{P_3})(P_3-P_2)+\ldots+\\ +(S_{P_m}+S_{P_n})(P_n-P_m)\end{gathered}}, \tag{4.14}$$

где S_{P_1}, S_{P_2}, S_{P_3}, ..., S_{P_m}, S_{P_n} — площади пастбищ, имеющих 1, 2, 3, ..., m, n %-ные обеспеченности затопления; $k_з^{P_1}$, $k_з^{P_2}$, $k_з^{P_3}$, ..., $k_з^{P_m}$, $k_з^{P_n}$ — коэффициенты использования затопляемой площади пастбищ; P_1, P_2, P_3, ..., P_m, P_n — значения обеспеченности затопления пастбищ.

Для долины р. Зеи затопленные площади пастбищ в среднем использовались на 38 % ($k_з=0{,}38$).

Среднемноголетний коэффициент использования всей площади пастбищ с учетом фактора наводнений k_S за многолетний период определяется по графической зависимости, помещенной на рис. 4.15, и формуле

$$k_S = 1 - \frac{\sum_{P_{100}}^{P_1} S - \sum_{P_{100}}^{P_1} Sk_з}{100S_{P_1}}, \tag{4.15}$$

где $\sum_{P_{100}}^{P_1} S$ — суммарная площадь затопления пастбищ за полный многолетний период (100 %-ный ряд лет); k_3 — среднемноголетний коэффициент использования пастбищ (затопляемой площади) в годы затопления; S_{P_1} — общая площадь пастбищ поймы в пределах 1 %-ной обеспеченности затопления; 100 — показатель рассмотрения 100 %-ного ряда лет. При расчете по формуле (4.15) $k_S = 0{,}82$.

Вероятность гибели урожая в натуральном выражении $P_у$ для отдельной сельскохозяйственной культуры совпадает с оценкой вероятности гибели валовой продукции (урожая) в стоимостном выражении $P_с$ и не зависит от абсолютного показателя урожайности и удельного веса в посевах отдельной культуры. Это положение также относится к сенокосам и пастбищам.

Однако при экономической оценке пашни в целом с учетом фактора наводнений по показателю стоимости валовой продукции на вероятность гибели валовой продукции всех сельскохозяйственных культур в стоимостном выражении влияют и абсолютные показатели урожайности отдельных культур, и их удельный вес в посевах, и величина государственных закупочных цен, так как вероятность гибели урожая различных культур неодинакова.

Вероятность гибели валовой продукции в стоимостном выражении с пашни, расположенной на пойме в пределах той или иной обеспеченности затопления, определяется по формуле:

$$P_с = \frac{P_{у_1} У_1 Ц_1 k_1 + P_{у_2} У_2 Ц_2 k_2 + \ldots + P_{у_n} У_n Ц_n k_n}{C}, \qquad (4.16)$$

где для различных сельскохозяйственных культур $P_{у_1}, P_{у_2}, \ldots, P_{у_n}$ — значения вероятности гибели урожая; $У_1$, $У_2$, ..., $У_n$ — урожайность при отсутствии наводнений; $Ц_1$, $Ц_2$, ..., $Ц_n$ — государственные закупочные цены; k_1, k_2, ..., k_n — удельный вес в посевной площади; C — стоимость валовой продукции с 1 га пашни при отсутствии наводнений.

По формуле (4.16) строятся графические зависимости вероятности гибели валовой продукции в стоимостном выражении $P_с$ от высотного расположения сельскохозяйственных угодий в долине реки (с привязкой к уровню H на контрольном водопосту) $P_с = f(H)$ и от обеспеченности их затопления $P_с = f(P)$ (рис. 4.16). На характер кривых $P_с = f(H)$; $P_с = f(P)$ влияет сложившаяся структура посевных площадей в долине р. Зеи, где удельный вес зерновых и сои в среднем составляет соответственно 47 и 42 %.

Стоимость валовой продукции в расчете на 1 га земель, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления P, определяется по формуле

$$C_{P_с} = C(1 - 0{,}01 P_с), \qquad (4.17)$$

где C — стоимость валового выхода продукции в расчете на 1 га

земель при отсутствии наводнений; P_c — вероятность гибели валовой продукции в стоимостном выражении с земель, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления P, за многолетний период (%); 0,01 — показатель рассмотрения 100 %-ного ряда лет.

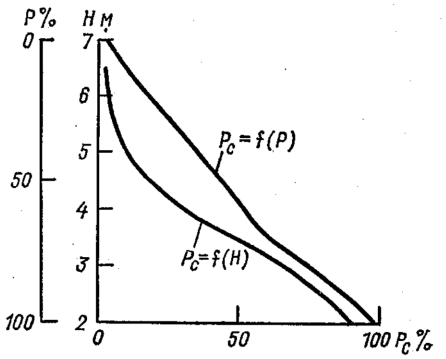


Рис. 4.16. Вероятность затопления территории (P) и гибели валовой продукции на пашне (P_c), расположенной на различных высотных отметках поймы.

По формуле (4.17) с помощью графической зависимости $P_c = f(P)$ строится зависимость стоимости валового выхода продукции от расположения сельскохозяйственных угодий в долине реки

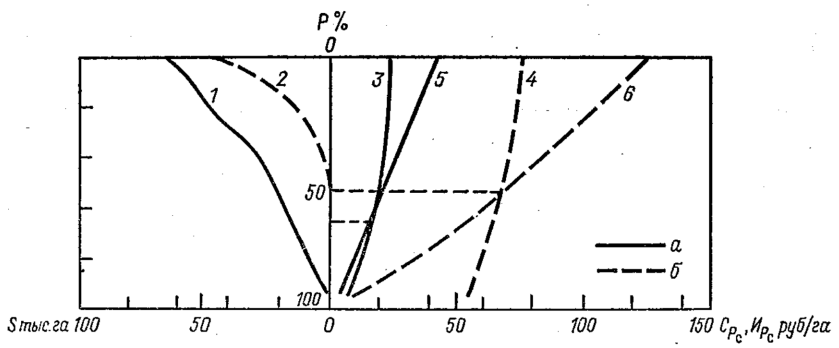


Рис. 4.17. Зависимость показателей экономической оценки сенокосов (*а*) и пашни (*б*) от обеспеченности затопления.

1, 2 — площадь $S=f(P)$; *3, 4* — среднемноголетние издержки производства $И_{P_c}=f(P)$; *5, 6* — среднемноголетняя стоимость валовой продукции $C_{P_c}=f(P)$.

в пределах зон различной обеспеченности затопления $C_{P_c}=f(P)$ (рис. 4.17, кривые *5, 6*).

Снижение экономической ценности земель в результате наводнений происходит как за счет гибели урожая, так и за счет непроизводительных затрат на землях до наступления наводнений. Поэтому основным показателем оценки сельскохозяйственных

угодий, подверженных наводнениям, является чистый доход, который синтезирует отрицательное воздействие наводнений: уменьшение валового выхода продукции и увеличение затрат на единицу продукции.

Непроизводительные затраты, вызванные наводнениями, определяются с учетом технологии возделывания сельскохозяйственных культур, использования сенокосов и пастбищ, абсолютных затрат на проведение агротехнических мероприятий (от подготовки к посеву до уборки и вывоза урожая) и сроков наступления наводнений за многолетний период. Среднемноголетние непроизводительные затраты определяются для лет, когда от наводнений гибнет урожай.

Исследование, проведенное в долинах рек Зеи, Буреи и Большой Уссурки, показывает, что непроизводительные затраты различны для разных сельскохозяйственных культур, сенокосов и пастбищ и зависят от высотного расположения и соответственно от обеспеченности затопления земель (табл. 4.14).

Таблица 4.14

Непроизводительные затраты по возделыванию сельскохозяйственных культур (% от полных затрат при условии отсутствия наводнений) в зависимости от высотного расположения посевов в долине р. Зеи (или от обеспеченности затопления)

Сельскохозяйственные культуры	Фактическая высотная отметка расположения земель в долине реки	
	минимальная ($P=57$ %)	максимальная ($P=1$ %)
Яровая пшеница, овес	71	72
Гречиха	75	77
Соя	80	83
Картофель	38	43
Капуста	65	79
Огурцы	43	45
Томаты	72	73
Кукуруза на корм	80	80
Травы на сено	81	93
В среднем с учетом структуры посевов	73	76
Естественные луга при сохранении заготовленного сена на пойме	23 ($P=95$ %)	80

Среднее значение непроизводительных затрат на посевах, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления, определяется по формуле

$$И_{н}^{P} = И_1 k_{И_1}^{P} k_1 + И_2 k_{И_2}^{P} k_2 + \ldots + И_n k_{И_n}^{P} k_n, \qquad (4.18)$$

где $И_1, И_2, \ldots, И_n$ — затраты на возделывание различных сельско-

хозяйственных культур при отсутствии наводнений в расчете на 1 га; $k^P_{И_1}$, $k^P_{И_2}$, ..., $k^P_{И_n}$ — удельный вес (коэффициент) непроизводительных затрат в годы гибели урожая различных сельскохозяйственных культур при данной обеспеченности затопления от полных затрат при отсутствии наводнений; k_1, k_2, ..., k_n — удельный вес сельскохозяйственных культур в посевной площади.

Удельный вес непроизводительных затрат в среднем для посевной площади (с учетом всех сельскохозяйственных культур) или естественных кормовых угодий при данной обеспеченности затопления P определяется отношением

$$k^P_И = \frac{И^P_н}{И}, \tag{4.19}$$

где $И^P_н$ (руб/га) — абсолютный показатель непроизводительных затрат при затоплении посевов (4.18) или естественных кормовых угодий, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления; $И$ — затраты на возделывание сельскохозяйственных культур и естественных кормовых угодий в расчете на 1 га при отсутствии наводнений.

Из табл. 4.14 видно, что $k^P_И$ (формула (4.19)) в среднем для всей посевной площади, расположенной на минимальной высотной отметке ($P=57$ %), составляет 73 %, на максимальной ($P=1$ %) — 76 %. Этот показатель зависит от структуры посевных площадей и затрат на возделывание сельскохозяйственных культур.

По экономическому содержанию непроизводительные затраты являются критерием оценки ущерба от наводнений. Однако вне связи с экономической оценкой земли с учетом фактора наводнений этот показатель недостаточен для определения влияния наводнений на сельскохозяйственное производство и оценки эффективности регулирования стока рек противопаводковыми гидроузлами.

Влияние непроизводительных затрат (ущерба) на снижение экономической ценности земли по показателю чистого дохода устанавливается путем определения среднемноголетних затрат на производство продукции с учетом фактора наводнений. Среднемноголетние издержки производства в расчете на 1 га земель, расположенных в пределах данной обеспеченности затопления P, определяются по формуле:

$$И_{P_с} = И - 0{,}01\left(1 - k^{P_с}_И\right) P_с И, \tag{4.20}$$

где $И$ — издержки производства при отсутствии наводнений (руб/га); $P_с$ — вероятность гибели валовой продукции на землях, расположенных в долине реки в пределах данной обеспеченности затопления P, за многолетний период (100 %-ный ряд лет); $k^{P_с}_И$ — удельный вес непроизводительных затрат на землях с данной

обеспеченностью гибели валовой продукции P_c, выраженный коэффициентом от полных затрат $И$ при отсутствии наводнений; 0,01 — показатель рассмотрения 100 %-ного ряда лет.

Выражение $0{,}01И(1-k_И^{P_c})P_c$ есть не производимые вследствие затопления и гибели урожая затраты (дальнейший уход за посевами, уборка урожая и т. п.).

По формуле (4.20) с помощью графика функции $P_c=f(P)$ строится зависимость среднемноголетних затрат на производство продукции от расположения сельскохозяйственных угодий в долине реки в пределах зон различной обеспеченности затопления $И_{P_c}=f(P)$ (см. рис. 4.17, кривые *3*, *4*).

Рентабельность сельскохозяйственного производства на землях с различной обеспеченностью затопления определяется по графику (см. рис. 4.17), на котором по оси ординат откладываются значения обеспеченности затопления земель P; по оси абсцисс в правой части графика — среднегодовые показатели стоимости валовой продукции (формула (4.17), зависимость $C_{P_c}=f(P)$) и издержек производства (формула (4.20), зависимость $И_{P_c}=f(P)$) в расчете на 1 га земель; в левой части графика — распределение земель в долине реки по зонам затопления: $S=f(P)$.

Общая оценка всей площади того или иного вида сельскохозяйственных угодий в долине реки с учетом фактора наводнений за многолетний период определяется по следующим формулам:

стоимость валовой продукции (руб/га)

$$C_{ср}=Ck_S; \tag{4.21}$$

чистый доход (руб/га)

$$Д_{ср}=Ck_S-[И-И(1-k_И)(1-k_S)]; \tag{4.22}$$

рентабельность производства (по отношению чистого дохода к издержкам производства в %)

$$R_{ср}=\left[\frac{Ck_S}{И-И(1-k_И)(1-k_S)}-1\right]\cdot 100, \tag{4.23}$$

где C и $И$ — соответственно стоимость валовой продукции и издержки производства при отсутствии наводнений; k_S — среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) сельскохозяйственных угодий; $k_И$ — среднемноголетний показатель удельного веса непроизводительных затрат в годы гибели урожая (коэффициент от полных затрат при отсутствии наводнений); $И-И(1-k_И)(1-k_S)$ — издержки производства с учетом фактора наводнений за многолетний период; $И(1-k_И)(1-k_S)$ — затраты, не производимые вследствие затопления и гибели урожая за многолетний период.

Среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) сельскохозяйственных угодий (k_S) есть относительный пока-

затель валового выхода продукции с учетом гибели урожая при наводнениях; определяется по формуле

$$k_S = 1 - \frac{\sum_{P_{100}}^{P_1} S}{100 S_{P1}}, \qquad (4.24)$$

где $\sum_{P_{100}}^{P_1} S$ — суммарная площадь того или иного вида сельскохозяйственных угодий, на которой гибнет урожай за 100 %-ный ряд лет; S_{P1} — площадь данного вида угодий в пределах 1 %-ной обеспеченности затопления; 100 — показатель рассмотрения 100 %-ного ряда лет.

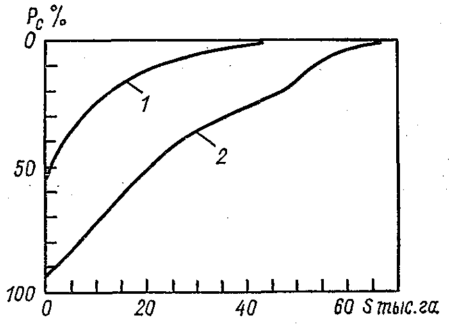


Рис. 4.18. Вероятность гибели валовой продукции от наводнений.
1 — пашня, *2* — сенокосы.

Суммарная площадь, на которой гибнет урожай, определяется путем построения кривых вероятности гибели валовой продукции на сельскохозяйственных угодьях (по оси ординат откладываются значения вероятности гибели валовой продукции P_c, а по оси абсцисс — площади сельскохозяйственных угодий). Указанное построение (рис. 4.18) производится с помощью установленных зависимостей:

площади затопления S от уровней H и от обеспеченности уровней воды P: $S = f(H)$; $S = f(P)$ (см. рис. 4.14);

вероятности гибели валовой продукции P_c от обеспеченности затопления P: $P_c = f(P)$ (см. рис. 4.16).

Площадь фигуры, ограниченная кривой вероятности гибели валовой продукции на сельскохозяйственных угодьях и осью ординат, на которой нанесены значения вероятности гибели валовой продукции, есть суммарная площадь, на которой гибнет урожай за 100 %-ный ряд лет. Она определяется по формуле

$$\sum_{P_{100}}^{P_1} S = \frac{(S_{P_{c1}} + S_{P_{c2}})(P_{c2} - P_{c1}) + (S_{P_{c2}} + S_{P_{c3}})(P_{c3} - P_{c2}) + \\ + \ldots + (S_{P_{cm}} + S_{P_{cn}})(P_{cn} - P_{cm})}{2}, \qquad (4.25)$$

где $S_{P_{c1}}$, $S_{P_{c2}}$, $S_{P_{c3}}$, ..., $S_{P_{cm}}$, $S_{P_{cn}}$ — площадь, на которой

гибнет урожай за 100 %-ный ряд лет; P_{c1}, P_{c2}, P_{c3}, ..., P_{cm}, P_{cn} — вероятность гибели валовой продукции на соответствующих площадях.

Среднемноголетний показатель удельного веса непроизводительных затрат при гибели урожая от наводнений в среднем для всей площади того или иного вида сельскохозяйственных угодий определяется по формуле

$$k_{н} = \frac{\left(И_{н}^{P_{c1}} S_{P_{c1}} + И_{н}^{P_{c2}} S_{P_{c2}}\right)(P_{c2} - P_{c1}) + \ldots + \left(И_{н}^{P_{cm}} S_{P_{cm}} + И_{н}^{P_{cn}} S_{P_{cn}}\right)(P_{cn} - P_{cm})}{\left[\left(S_{P_{c1}} + S_{P_{c2}}\right)(P_{c2} - P_{c1}) + \ldots + \left(S_{P_{cm}} + S_{P_{cn}}\right)(P_{cn} - P_{cm})\right] И}, \qquad (4.26)$$

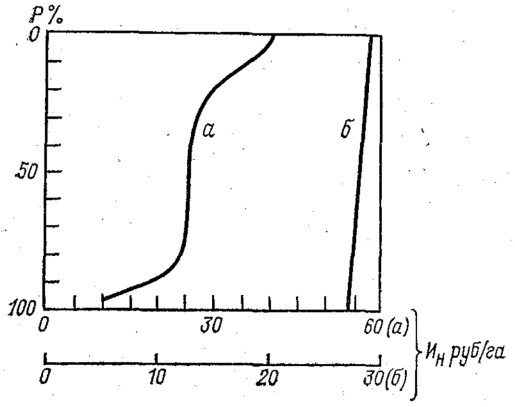


Рис. 4.19. Зависимость непроизводительных затрат от обеспеченности затопления пашни (*а*) и сенокосов (*б*).

где $И_{н}^{P_{c1}}$, $И_{н}^{P_{c2}}$, ..., $И_{н}^{P_{cm}}$, $И_{н}^{P_{cn}}$ (руб/га) — непроизводительные затраты при 1, 2, 3, ..., m, n %-ных вероятностях гибели валовой продукции; $S_{P_{c1}}$, $S_{P_{c2}}$, ..., $S_{P_{cm}}$, $S_{P_{cn}}$ (га) — площади, имеющие 1, 2, 3, ..., m, n %-ные вероятности гибели валовой продукции; P_{c1}, P_{c2}, ..., P_{cm}, P_{cn} (%) — значения вероятности гибели валовой продукции от 1 до n; $И$ (руб/га) — затраты при отсутствии наводнений.

Непроизводительные затраты на землях с различной вероятностью гибели валовой продукции от наводнений определяются по установленным зависимостям:

площади затопления S от уровней H и от обеспеченности уровней воды P: $S = f(H)$, $S = f(P)$ (см. рис. 4.14);

вероятности гибели валовой продукции P_c от обеспеченности затопления земель P: $P_c = f(P)$ (см. рис. 4.16);

непроизводительных затрат $И_н$ от обеспеченности затопления земель P: $И_н = f(P)$ по формуле (4.18) (рис. 4.19).

Абсолютные показатели среднегодового ущерба от наводнений за многолетний период определяются:

по стоимости теряемой валовой продукции

$$У^{с}_{ср} = (С - С_{ср}) S_{P1}; \qquad (4.27)$$

по показателю теряемого чистого дохода

$$У^{д}_{ср} = (Д - Д_{ср}) S_{P1}, \qquad (4.28)$$

по непроизводительным затратам

$$У^{И_н}_{ср} = И k_н (1 - k_S) S_{P1}. \qquad (4.29)$$

Здесь S_{P1} — общая площадь того или иного вида угодий в пределах 1 %-ной обеспеченности затопления при естественном водном режиме (га); $С$ и $Д$ — стоимость валовой продукции и чистый доход при отсутствии наводнений (руб/га); $С_{ср}$ и $Д_{ср}$ — то же, в условиях естественного водного режима с учетом наводнений (формулы (4.21), (4.22)); $k_н$ — среднемноголетний показатель удельного веса непроизводительных затрат при гибели урожая от наводнений в среднем для всей площади (формула (4.26)); k_S — среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) того или иного вида сельскохозяйственных угодий.

По выведенным выше формулам (4.19), (4.24), (4.26) и установленным зависимостям (см. рис. 4.18, 4.19) определяются показатели для учета водного фактора при экономической оценке всей площади пашни и естественных кормовых угодий, расположенных в долине реки в пределах зоны затопления при уровнях воды в реке 1 %-ной обеспеченности.

Для долины р. Зеи на участке от устья р. Селемджи до впадения в р. Амур эти показатели приведены в табл. 4.15, на основе которой по формулам (4.21)—(4.23) установлена степень влияния наводнений на экономическую ценность сельскохозяйственных земель. Если стоимость валовой продукции, чистый доход и рентабельность производства в отсутствие наводнений принять за 100 баллов, то экономическая оценка пашни (числитель)

Таблица 4.15

Показатели для учета фактора наводнений при оценке сельскохозяйственных угодий в долине р. Зеи

Показатель	Пашня	Естественные кормовые угодья
Коэффициент использования (продуктивности) k_S	0,89	0,61
Вероятность гибели валовой продукции,* %	11	39
Непроизводительные затраты в годы гибели урожая от наводнений (доля от полных затрат при отсутствии наводнений)	0,75	0,60

* $P_{ср} = (1 - k_S) \cdot 100$.

и естественных кормовых угодий (знаменатель) с учетом фактора наводнений будет следующей:

Стоимость валовой продукции	89/61
Чистый доход	77/32
Рентабельность производства	79/38

Таким образом, при существующей сельскохозяйственной освоенности долины р. Зеи (до постройки Зейской ГЭС) из-за наводнений в среднем ежегодно теряется продукции с пашни 11 %, с естественных кормовых угодий 39 %, чистого дохода — соответственно 23 и 68 %, что обусловило снижение рентабельности производства на пахотных землях в 1,3 раза, на естественных лугах в 2,6 раза.

Оценка отрицательного воздействия наводнений на производственные и непроизводственные фонды предприятий и учреждений заключается в определении ущерба:

$$У_{H\,(P)} = \sum_{i=1}^{n} (Ф_{oi} + С_{обi} + И_{вi} + И_{пi} + И_{смi}), \qquad (4.30)$$

где $У_{H(P)}$ — ущерб вызываемый уровнем (H) воды в реке определенной обеспеченности (P) на контрольном водопосту; $Ф_{oi}$ — ущерб от затопления основных фондов, включающий: 1) балансовую стоимость погибших основных фондов $Ф_{o1}$, 2) стоимость восстановления поврежденных основных фондов $Ф_{o2}$, 3) понижение капитальности основных фондов $Ф_{o3}$, 4) приобретение основных фондов взамен выбывших $Ф_{o4}$; $С_{обi}$ — ущерб от затопления оборотных средств, включающий: 1) стоимость погибших оборотных средств $С_{об1}$, 2) стоимость полного или частичного восстановления качества поврежденных оборотных средств $С_{об2}$; 3) снижение качества оборотных средств $С_{об3}$; 4) приобретение новых оборотных средств взамен выбывших $С_{об4}$; $И_{вi}$ — стоимость предупредительных мероприятий, аварийно-спасательных работ и ликвидации последствий затопления: 1) эвакуация основных фондов и оборотных средств из аварийной зоны $И_{в1}$, 2) дежурство и спасательные работы во время наводнения $И_{в2}$, 3) работа комиссии по определению состава, объема и стоимости ущерба, разработка мероприятий по ликвидации последствий наводнения $И_{в3}$, 4) откачка воды, расчистка, уборка территории, восстановление защитных сооружений $И_{в4}$; $И_{пi}$ — потери от вынужденного простоя предприятий в зоне затопления, включающие неизбежные непроизводительные расходы в период наводнения (заработная плата и т. п.); $И_{смi}$ — производственные потери предприятий, находящихся вне зоны наводнений, но имеющих производственные и другие связи с объектами, подверженными затоплению.

Ущерб определяется с учетом всего вероятного диапазона расходов (уровней) реки, т. е. как среднегодовой ($У_{ср}$):

$$У_{ср} = k \sum_{P_{max}}^{P_{min}} У_{H\,(P)}, \qquad (4.31)$$

где $\sum_{P_{max}}^{P_{min}} У_H$ — суммарный ущерб при значениях (%) $P=\min, \ldots$ $\ldots, \max$; k — коэффициент перехода от суммарного к среднегодовому ущербу.

Суммарный ущерб определяется с помощью построения графической зависимости $У=f(P)$. Коэффициент перехода от суммарного к среднегодовому ущербу определяется исходя из рассмотрения всего вероятностного диапазона расходов (уровней), т. е. за 100 %-ный ряд лет.

Эффект от борьбы с наводнениями путем регулирования стока реки гидроузлом заключается не только в полной или частичной ликвидации ущербов, но и главным образом в создании условий для развития производительных сил приречных районов:

$$Э=(У_е-У_з)+E_н(К_з-К_е), \qquad (4.32)$$

где $У_е$ и $У_з$ — среднегодовые ущербы от наводнений соответственно в естественных и зарегулированных условиях водного режима реки; $К_е$ и $К_з$ — возможные капитальные вложения в развитие производительных сил приречных районов соответственно в естественных и зарегулированных условиях водного режима реки; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Дополнительные издержки по эксплуатации объектов, обусловленные наводнениями в условиях развития производительных сил учитываются в ущербах в естественных ($У_е$) и зарегулированных ($У_з$) условиях. В $К_е$ и $К_з$ не включаются возможные затраты на защиту территории путем строительства дамб обвалования. Эффект регулирования стока реки гидроузлом по показателю снижения затрат на обвалование территорий (соблюдается сопоставимость по уровню производства, включая снижение ущерба от наводнений) рассчитывается и учитывается: 1) при необходимости инженерной защиты в условиях регулирования стока противопаводковым гидроузлом, 2) при обосновании строительства ГЭС вместо ТЭС в составе комплексного гидроузла.

В этом случае эффект от борьбы с наводнениями определяется по формуле

$$Э=(И_е^{и.з}-И_з^{и.з})+E_н(К_е^{и.з}-К_з^{и.з}), \qquad (4.33)$$

где $К_е^{и.з}$, $К_з^{и.з}$ и $И_е^{и.з}$; $И_з^{и.з}$ — соответственно капитальные вложения и эксплуатационные расходы по защитным сооружениям в естественных и зарегулированных условиях.

Следует отметить, что до настоящего времени в проектах гидроузлов $К_е$ и $К_з$ определяются только для сельского хозяйства в связи с освоением новых земель и интенсификацией использования существующих угодий. Для других отраслей (объектов) народного хозяйства эффект от борьбы с наводнениями оказывается заниженным, так как определяется только по снижению ущерба $Э=У-У_з$.

4.3.3. Оптимизация сельскохозяйственного использования земли в долинах рек, подверженных наводнениям

Рассмотренная выше методика учета фактора наводнений при экономической оценке земли позволяет при планировании структуры посевных площадей и размещения посевов в долине реки принимать оптимальные решения на основе следующих показателей в зависимости от обеспеченности затопления территории: стоимость валовой продукции, издержки производства, чистый доход, рента-

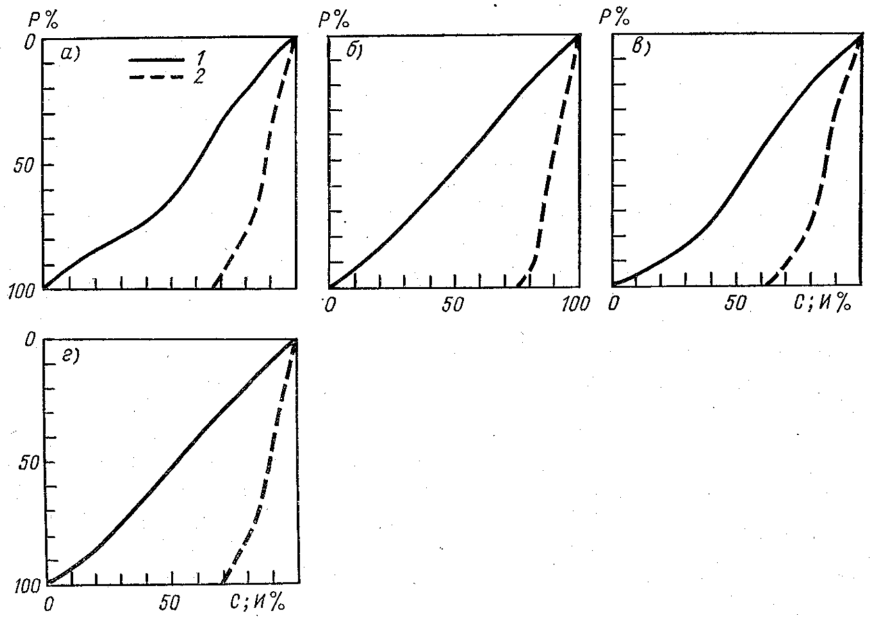


Рис. 4.20. Зависимость стоимости валовой продукции и издержек производства от обеспеченности затопления посевов различных сельскохозяйственных культур.

1 — стоимость валовой продукции *С*, *2* — издержки производства *И*, *а* — яровая пшеница, *б* — соя, *в* — капуста, *г* — травы на сено.

бельность производства, критическая граница высотного расположения посевов, ниже которой возделывание сельскохозяйственных культур нерентабельно. Эти показатели определяются по зависимостям стоимости валовой продукции и издержек производства от вероятности затопления посевов различных сельскохозяйственных культур, которые для долины р. Зеи установлены следующие по отношению к соответствующим показателям при условии отсутствия наводнений, принятым за 100 % (рис. 4.20).

Как уже отмечалось в предыдущем разделе, исследованием установлено, что указанные зависимости стабильны и не зависят от абсолютных показателей урожайности сельскохозяйственных культур и издержек на их возделывание.

Рассмотрим влияние наводнений на посевы сельскохозяйственных культур на примере сложившегося уровня ведения производства, действующих норм и цен в приречных сельскохозяйственных предприятиях до строительства Зейской ГЭС (исследован период с 1961 по 1965 г.). Результаты оценки для основных сельскохозяйственных культур приведены на рис. 4.21 и в целом для пашни (с учетом сложившейся структуры посевных площадей) на рис. 4.17.

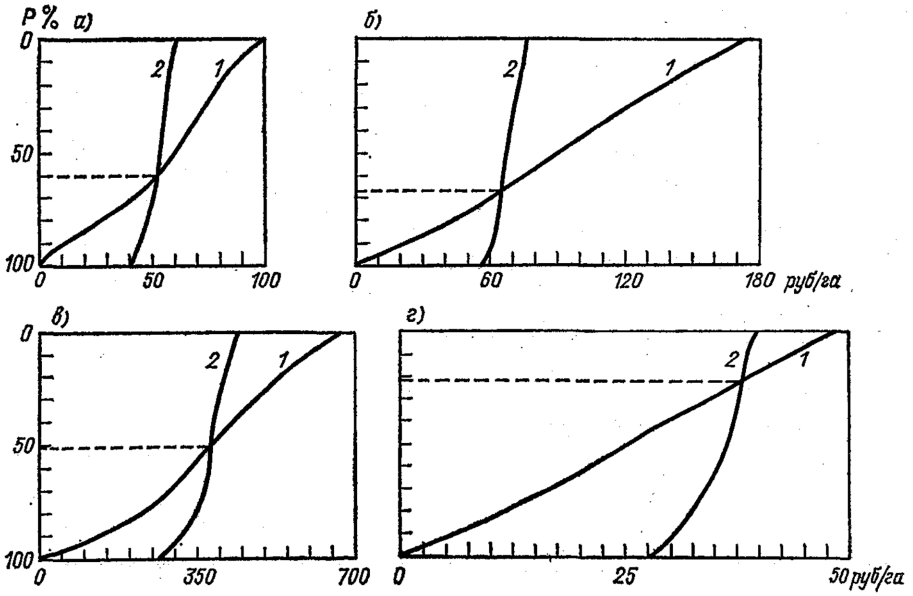


Рис. 4.21. Рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур в зонах различной обеспеченности затопления.

Усл. обозначения см. рис. 4.20.

Сопоставление среднемноголетних показателей оценки пашни с учетом фактора наводнений при сложившемся уровне сельскохозяйственного производства с фактическим расположением пашни на пойме по зонам затопления различной обеспеченности показывает, что нижняя граница расположения пашни ($P=57$ %) в целом соответствует критической обеспеченности затопления ($P=54$ %), выше которой возделывание сельскохозяйственных культур нерентабельно.

Фактически сложившаяся нижняя граница расположения пашни на пойме, где сельскохозяйственное производство из-за наводнений имеет крайне низкую рентабельность (или вообще нерентабельно), обусловливается тем, что на пахотных землях, расположенных в пойме в пределах от 1 до 57 % обеспеченности затопления, ведется единое сельскохозяйственное производство. Поэтому при определении структуры посевных площадей и расположении

посевов на пойме необходимо также установить влияние наводнений на оценку всей площади пойменной пашни в зависимости от использования ее под посевы различных сельскохозяйственных культур.

При оптимизации использования пойменных земель, подверженных наводнениям, необходимо установить:

минимально допустимый среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) пойменных сельскохозяйственных угодий при данном уровне рентабельности сельскохозяйственного производства;

влияние отклонения уровня рентабельности сельскохозяйственного производства на пойменных землях от среднего (нормального) уровня на минимально допустимый среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) сельскохозяйственных угодий.

Решение этих вопросов обеспечивается предложенной методикой учета фактора наводнений при экономической оценке земли на основе формул (4.21)—(4.23).

Пример. В исследуемом районе пойменные и внепойменные земли имеют показатели сельскохозяйственного производства, приведенные в табл. 4.16 (1961—1965 гг.).

Таблица 4.16

Показатели сельскохозяйственного производства

Показатель	Пойма р. Зеи при отсутствии наводнений	Внепойменные земли
Стоимость валовой продукции, руб/га	130	100
Издержки производства, руб/га	77	67
Чистый доход, руб/га	53	33
Рентабельность, %	69	49

Рассмотрим, каковы значения минимально допустимого среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) пашни (k_S), обеспечивающие показатели сельскохозяйственного производства на пойме, равные показателям на внепойменных землях:

1) при выравнивании оценки пашни по стоимости валовой продукции:

$$C_{ср} = Ck_S, \quad 100 = 130k_S, \quad k_S = 0{,}77;$$

2) при выравнивании оценки пашни по чистому доходу:

$$Д_{ср} = Ck_S - [И - И(1 - k_И)(1 - k_S)],$$

$$33 = 130k_S - [77 - 77(1 - 0{,}75)(1 - k_S)],$$

$$k_S = 0{,}82;$$

3) при выравнивании оценки пашни по рентабельности производства:

$$R_{ср} = \frac{Ck_S}{И - И(1-k_И)(1-k_S)} - 1,$$

$$0{,}49 = \frac{130k_S}{77 - 77(1-0{,}75)(1-k_S)} - 1,$$

$$k_S = 0{,}85.$$

В табл. 4.17 приведены оценки пойменной пашни к внепойменной (принята за 100 баллов) при различных значениях минимально

Таблица 4.17

Относительная оценка пашни (баллы)

Показатель	При выравнивании оценки		
	по стоимости валовой продукции $k_S=0{,}77$	по чистому доходу $k_S=0{,}82$	по рентабельности производства $k_S=0{,}85$
Стоимость валовой продукции	100	107	111
Чистый доход	83	100	110
Рентабельность производства	78	88	100

допустимого среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) пойменной пашни. Полученные результаты позволяют сделать следующий вывод:

1) при $Б^{п}_{С} = Б^{в}_{С}$ $Б^{п}_{Д} < Б^{в}_{Д}$, $Б^{п}_{R} < Б^{в}_{R}$;

2) при $Б^{п}_{Д} = Б^{в}_{Д}$ $Б^{п}_{С} > Б^{в}_{С}$, $Б^{п}_{R} < Б^{в}_{R}$;

3) при $Б^{п}_{R} = Б^{в}_{R}$ $Б^{п}_{С} > Б^{в}_{С}$, $Б^{п}_{Д} > Б^{в}_{Д}$.

Здесь $Б^{п}_{С}$ и $Б^{в}_{С}$ — оценка пойменной и внепойменной пашни по стоимости валовой продукции; $Б^{п}_{Д}$ и $Б^{в}_{Д}$ — оценка пойменной и внепойменной пашни по чистому доходу; $Б^{п}_{R}$ и $Б^{в}_{R}$ — оценка пойменной и внепойменной пашни по рентабельности производства.

Сопоставляя полученные расчетные значения минимально допустимого среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) пашни и максимальной среднемноголетней вероятности гибели урожая, обеспечивающие выравнивание оценки пойменной и внепойменной пашни по различным показателям сельскохозяйственного производства, с фактически сложившимися показателями: $k_S=0{,}89$ и $P_{ср}=11$ % (см. табл. 4.15), приходим к выводу, что сельскохозяйственное освоение пойменных земель происходит под влиянием тенденции выравнивания уровня

рентабельности сельскохозяйственного производства на пойменных и внепойменных землях.

Так как относительная оценка земель по показателям стоимости валовой продукции и издержек производства достаточно стабильна, этот вывод остается в силе как при общем росте уровня рентабельности сельскохозяйственного производства, так и при его снижении (последнее рассматривается для установления об-

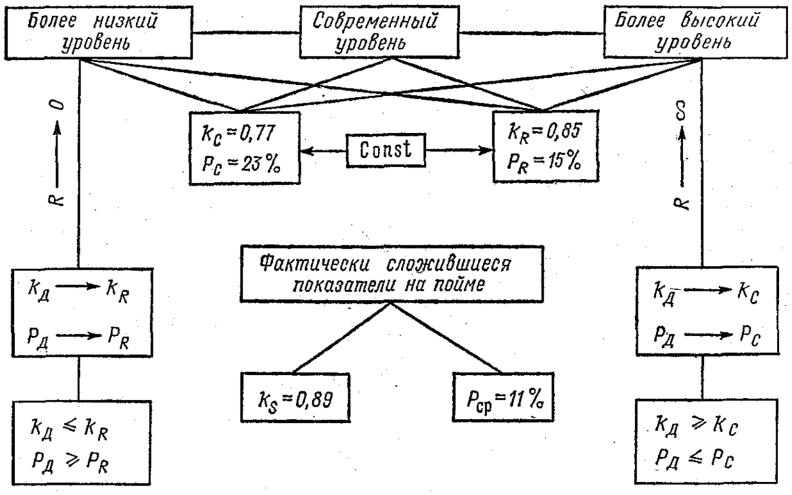


Рис. 4.22. Влияние уровня рентабельности сельскохозяйственного производства на минимально допустимый среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) пойменной пашни и максимально допустимую среднемноголетнюю вероятность гибели урожая от наводнений, обеспечивающих выравнивание оценки пойменной и внепойменной пашни по различным показателям производства.

k_C, $k_Д$, k_R — показатели минимально допустимого среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) пойменной пашни; P_C, $P_Д$, P_R — показатели максимально допустимой среднемноголетней вероятности гибели урожая от наводнений, обеспечивающие выравнивание оценки пойменной и внепойменной пашни по показателям стоимости валовой продукции (C), чистого дохода ($Д$) и рентабельности производства (R).

щей закономерности), что подтверждается произведенными расчетами, результаты которых представлены на рис. 4.22.

Вместе с тем отклонение уровня рентабельности сельскохозяйственного производства на пойменных землях от среднего (нормального) уровня, обусловливает изменение минимально допустимого коэффициента использования (продуктивности) пойменных земель (табл. 4.18).

Таким образом, полученные расчетным путем данные, помещенные в табл. 4.18, приводят к следующим выводам:

1. При снижении уровня рентабельности сельскохозяйственного производства на пойменных землях относительно среднего (нормального) уровня создаются объективные условия для выбывания из сельскохозяйственного использования части пахотных земель,

Таблица 4.18

Минимально допустимый коэффициент продуктивности пашни в зависимости от уровня рентабельности производства

Показатель сельскохозяйственного производства, по которому выравнивается оценка пойменной и внепойменной пашни	$R_п < R_в$	$R_п = R_в$	$R_п > R_в$
Стоимость валовой продукции	$k_C^н > k_C = 0{,}77 > k_C^в$		
Чистый доход	$k_Д^н > k_Д = 0{,}82 > k_Д^в$		
Рентабельность производства	$k_R^н > k_R = 0{,}85 > k_R^в$		

Примечание. $R_п$ — уровень рентабельности производства на пойменных землях, $R_в$ — на внепойменных.

расположенных на более низких отметках поймы и имеющих более высокую обеспеченность затопления и гибели урожая.

2. При повышении уровня ведения сельскохозяйственного производства на пойменных землях относительно среднего (нормального) уровня создаются объективные условия для дополнительного вовлечения в сельскохозяйственное производство земель, подверженных наводнениям.

Эти выводы имеют, на наш взгляд, большое практическое значение в деятельности сельскохозяйственных предприятий на пойменных землях. Они опровергают существующее мнение, что интенсификация и рост сельскохозяйственного производства на пойменных землях могут быть осуществлены только при условии полной защиты земель от наводнений; опровергают вывод об экономической нецелесообразности общего подъема уровня рентабельности сельскохозяйственного производства на пойменных землях в условиях постоянно повторяющихся наводнений, базирующийся только на абсолютных показателях ущерба от наводнений, без учета общего роста сельскохозяйственного производства, без учета экономической оценки земель, подверженных наводнениям.

Естественно, что при полной или частичной защите земель от наводнений значительно возрастут и возможности развития сельскохозяйственного производства на пойменных землях. Рассмотрим учет фактора наводнений при оптимизации использования пойменных сенокосов.

В п. 4.3.2 приведены результаты исследования влияния наводнений на экономическую ценность сенокосов при фактически сложившемся использовании пойменных сенокосов: при начале сенокошения 10 июля и сохранении заготовленного сена на пойме. Вместе с тем при полевом обследовании (Ленгипроводхоз и Ленгидропроект, 1959—1969 гг.) установлено, что в отдельных приречных сельскохозяйственных предприятиях применяются сжатые сроки сенокошения на пойме с вывозкой сена на незатопляемые

места или непосредственно в хозяйственные центры. Эти мероприятия направлены на предотвращение возможной гибели сена от наводнений и в связи с этим на сокращение непроизводительных затрат.

По условиям вегетации луговой растительности и существующего расположения сенокосов на пойме в пределах зон различной обеспеченности затопления выбраны три возможных варианта использования сенокосов со следующими сроками сенокошения: I вариант — с 20 июня по 10 июля, II вариант — с 1 июля по 20 июля, III вариант — с 20 июля по 20 августа. Во всех вариантах предусматривается вывоз заготовленного сена на незатопляемые места.

Показателями для выбора оптимального варианта использования сенокосов служат данные экономической оценки сенокосов по стоимости валовой продукции и чистому доходу с учетом фактора наводнений.

Итоговые показатели экономической оценки сенокосов при трех вариантах использования в сопоставлении с показателями при отсутствии наводнений и с показателями при фактическом использовании сенокосов в условиях наводнений приведены в табл. 4.19;

Таблица 4.19

Экономическая оценка пойменных сенокосов при различных вариантах использования

Водный режим и варианты использования сенокосов	Стоимость валовой продукции (сена)		Чистый доход	
	руб/га	баллы	руб/га	баллы
При отсутствии наводнений	45,90	100	20,40	100
С учетом наводнений				
А. Фактическое состояние (1961—1965 гг.) (при сенокошении с 10 июля и сохранении заготовленного сена на пойме)	28,00	61	6,48	32
Б. Проектные условия:				
I вариант	39,02	85	16,39	80
II вариант	35,80	78	13,55	66
III вариант	30,75	67	10,64	52

основные графические зависимости, с помощью которых произведена оценка сенокосов с учетом фактора наводнений за многолетний период, помещены на рис. 4.23—4.26.

Таким образом, предложенная методика экономической оценки сельскохозяйственных угодий с учетом фактора наводнений может быть использована при разработке и экономическом обосновании

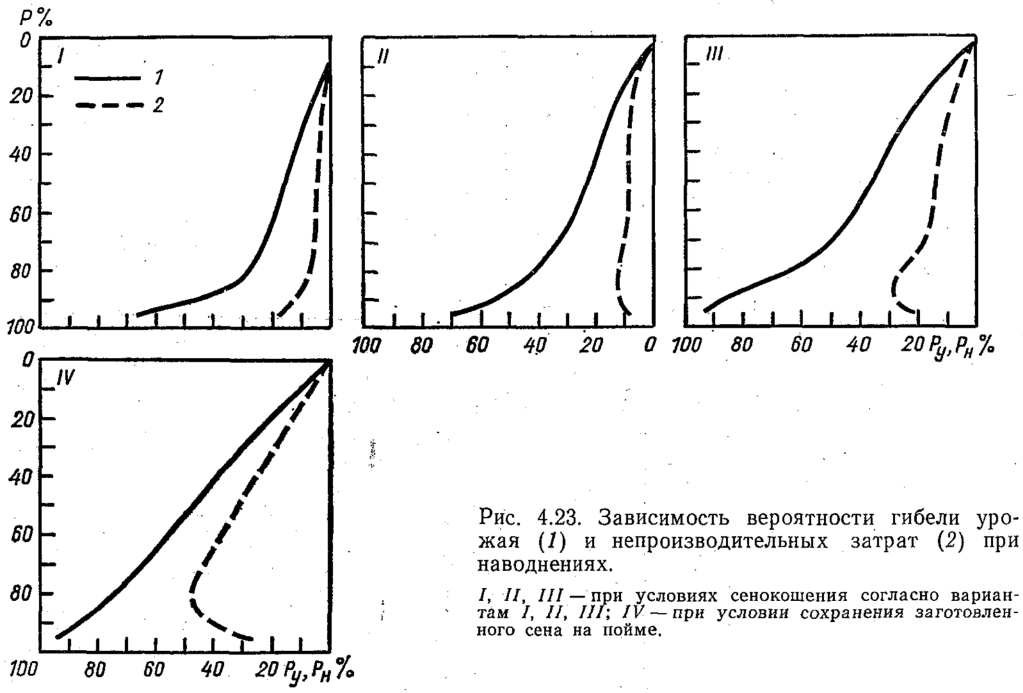


Рис. 4.23. Зависимость вероятности гибели урожая (*1*) и непроизводительных затрат (*2*) при наводнениях.

I, II, III — при условиях сенокошения согласно вариантам *I, II, III*; *IV* — при условии сохранения заготовленного сена на пойме.

оптимального использования пойменных сенокосов, что существенно снизит отрицательное воздействие наводнений на сельскохозяйственное производство. При использовании пойменных сеноко-

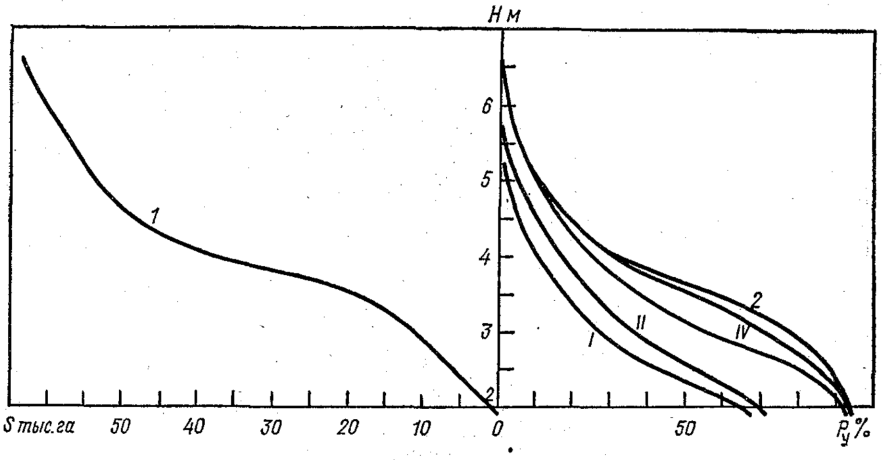


Рис. 4.24. Зависимость вероятности гибели урожая от высотного расположения сенокосов в долине р. Зеи.

1 — высотное расположение сенокосов ($S=f(H)$), *2* — обеспеченность уровней при наводнениях ($H=f(P)$); *I, II, III, IV* — вероятность гибели урожая (усл. обозначения см. рис. 4.23).

сов, подверженных наводнениям, обязательными условиями являются: возможно ранние и сжатые сроки сенокошения; вывоза сена из зоны воздействия наводнений.

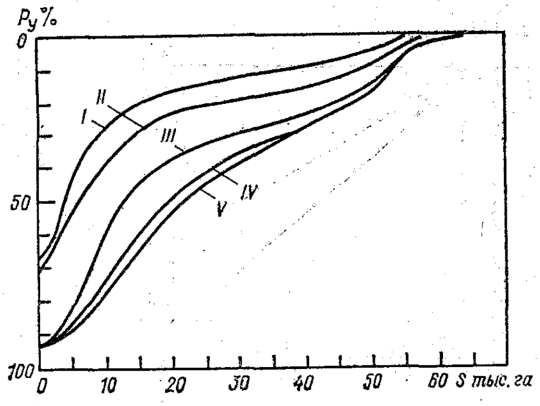


Рис. 4.25. Зависимость для определения суммарной площади сенокосов, на которой гибнет урожай за многолетний период.

1 — обеспеченность затопления сенокосов ($S=f(P)$); *I, II, III, IV* — вероятность гибели урожая (усл. обозначения см. рис. 4.23).

Мотодологическим обоснованием экономической эффективности сельскохозяйственного освоения новых земель и улучшения существующих угодий в долинах рек, подверженных наводнениям, служит «Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений» [206].

Абсолютная экономическая эффективность капитальных вложений определяется по следующим формулам, выведенным на основе экономической оценки земли с учетом фактора наводнений.

Для земель, имеющих данную (определенную) обеспеченность затопления:

$$Э_{п}^{P} = \frac{C - И + 0{,}01P_{с}\left(И - Иk_{И}^{P_{с}} - C\right)}{K_{м}}. \qquad (4.34)$$

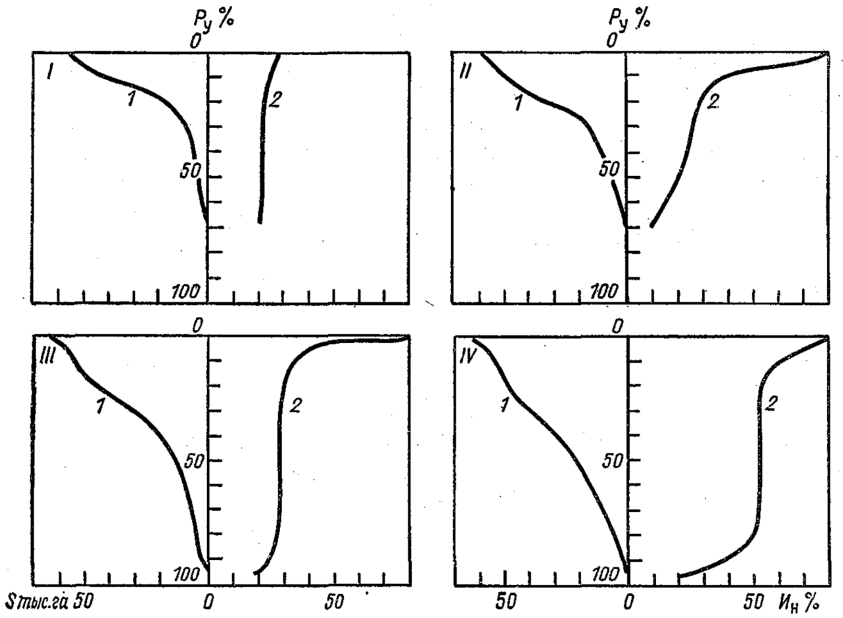


Рис. 4.26. Зависимости для определения среднемноголетнего показателя удельного веса непроизводительных затрат вследствие затопления и гибели урожая при наводнениях.

1 — вероятность гибели урожая на сенокосах, *2* — удельный вес непроизводительных затрат, *I—IV* — условия сенокошения (см. усл. обозначения к рис. 4.23).

В целом по объекту мелиорации, расположенному в долине реки в пределах зон различной обеспеченности затопления:

$$Э_{п}^{ср} = \frac{Ck_{S} - [И - И\,(1 - k_{И})\,(1 - k_{S})]}{K_{м}}, \qquad (4.35)$$

где $Э_{п}^{P}$ и $Э_{п}^{ср}$ — коэффициенты эффективности; $K_{м}$ — капитальные вложения на мелиорацию; остальные обозначения те же, что для формул (4.17), (4.20)—(4.22).

При обосновании экономической эффективности капитальных вложений на освоение новых земель или улучшение существующих сельскохозяйственных угодий необходимо учитывать:

зависимость максимально допустимых капитальных вложений в землю $K^{P}_{\text{м}_{\max}}$ от обеспеченности затопления P, исходя из показателей экономической оценки земли с учетом фактора наводнений и нормативного коэффициента эффективности (на каких высотных отметках долины реки и при какой обеспеченности затопления эффективность мелиорации ниже нормативной);

— значение минимально допустимого среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) земли $k_{S_{\min}}$ в целом по объекту мелиорации, расположенному в пределах зон с различной обеспеченностью затопления, исходя из абсолютных показателей экономической оценки земли (до и после мелиорации), капитальных вложений и норматива экономической эффективности.

Эти вопросы решаются при помощи формул (4.34), (4.35) общей экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию земель, подверженных наводнениям.

Зависимость максимально допустимых капитальных вложений в землю от обеспеченности затопления $K^{P}_{\text{м}_{\max}} = f(P)$ определяется по выражению, выведенному из формул (4.34):

$$K^{P}_{\text{м}_{\max}} = \frac{C - И + 0{,}01P_{\text{с}}\left(И - Иk^{P_{\text{с}}}_{\text{н}} - C\right)}{E^{\min}_{\text{п}}}. \qquad (4.36)$$

Минимально допустимый среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) мелиорируемых земель определяется по формуле, полученной путем преобразования формулы (4.35):

$$k_{S_{\min}} = \frac{E^{\min}_{\text{п}} K_{\text{м}} + Иk_{\text{н}}}{C - И + Иk_{\text{н}}}. \qquad (4.37)$$

В формулах (4.36), (4.37) $E^{\min}_{\text{п}}$ — минимально (предельно) допустимый нормативный коэффициент эффективности; остальные обозначения те же, что для формул (4.34), (4.35).

В формулах (4.34)—(4.37) показатели стоимости валовой продукции C и издержек производства $И$ при освоении новых земель являются полными расчетными величинами (до освоения C и $И$ равны нулю), при улучшении существующих сельскохозяйственных угодий — приростными (ΔC и $\Delta И$).

Пример. В пойме р. Зеи отобран участок естественных сенокосов площадью 4,0 тыс. га для создания искусственных сенокосов. Нижняя граница расположения участка на пойме соответствует горизонту паводка 50 %-ной обеспеченности, верхняя — 1 %-ной обеспеченности. Стоимость мелиоративных работ определена в размере 1200 руб/га.

При условии отсутствия наводнений показатели сельскохозяйственного производства характеризуются следующими данными (табл. 4.20).

Таблица 4.20

Показатели сельскохозяйственного производства

Показатель	До мелиорации	После мелиорации	Прирост (эффект)
Урожайность (сено), ц/га	17,0	55,0	38,0
Стоимость валовой продукции (сена), руб/га	46,0	165,0	119,0
Издержки производства, руб/га	25,0	50,0	25,0
Чистый доход, руб/га	21,0	115,0	94,0
Рентабельность, %	84,0	230,0	—

При отсутствии наводнений абсолютная эффективность капитальных вложений составила бы: $Э_п = 94 : 1200 = 0{,}08$. Какова экономическая эффективность создания искусственных сенокосов с учетом фактора наводнений при сенокошении с 1 по 20 июля с вывозкой сена на незатопляемые места?

Абсолютная эффективность капитальных вложений на нижней границе расположения участка на пойме с обеспеченностью за-

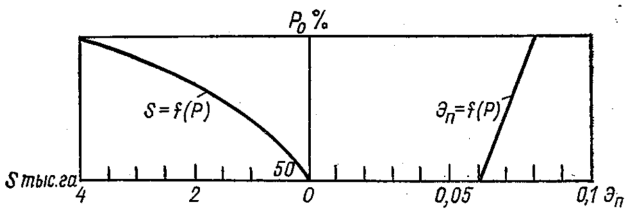


Рис. 4.27. Зависимость показателей абсолютной эффективности капитальных вложений от обеспеченности затопления мелиорируемого участка.

топления $P = 50$ % (см. рис. 4.27, на котором в левой части графика построена кривая обеспеченности затопления мелиорируемого участка) определяется по формуле (4.34) с помощью:

абсолютных показателей прироста стоимости валовой продукции и издержек производства (см. табл. 4.20: $\Delta C = 119{,}0$ руб/га; $\Delta И = 25{,}0$ руб/га);

графической зависимости вероятности гибели урожая ($P_у$) от обеспеченности затопления (P) при II варианте сенокошения (см. рис. 4.23: при $P = 50$ % $P_у = 23$ %);

кривой удельного веса непроизводительных затрат (см. рис. 4.26; при $P_у = 23$ % $k_И^{P_с} = 0{,}28$):

$$Э_п^{P=50\ \%} = \frac{119{,}0 - 25{,}0 + 0{,}01 \cdot 23\,(25{,}0 - 25{,}0 \cdot 0{,}28 - 119{,}0)}{1200} = 0{,}06.$$

Зависимость показателей абсолютной эффективности капитальных вложений от обеспеченности затопления мелиорируемого участка приведена на рис. 4.27 в правой части графика, $Э_п = f(P)$.

Абсолютная эффективность капитальных вложений в целом по мелиорируемому участку определяется по формуле (4.35) с помощью:

абсолютных показателей прироста стоимости валовой продукции и издержек производства (см. табл. 4.20; $\Delta C = 119{,}0$ руб/га; $\Delta И = 25{,}0$ руб/га);

среднемноголетнего коэффициента использования (продуктивности) всей площади сенокосов ($k_S = 0{,}91$), определенного по фор-

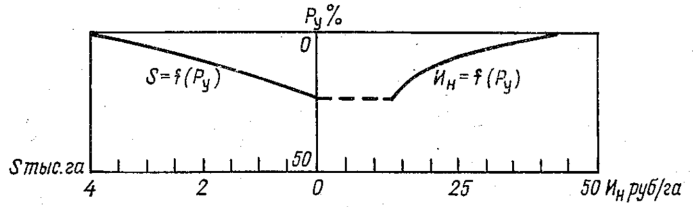


Рис. 4.28. Зависимости для определения непроизводительных затрат на мелиорируемом участке.

муле (4.24) и графику вероятности гибели урожая на сенокосах (см. рис. 4.28, левая часть графика), построенному по зависимостям: $P_у = f(P)$ (см. рис. 4.23) и $S = f(P)$ (см. рис. 4.27);

удельного веса непроизводительных затрат в среднем для всей площади мелиорируемых сенокосов ($k_н = 0{,}56$), определенного по формуле (4.26) и зависимости $И_н = f(P_у)$ (см. рис. 4.28, правая часть графика), построенной по кривой удельного веса непроизводительных затрат (см. рис. 4.26), и абсолютного показателя ежегодных издержек производства (см. табл. 4.20; $И = 50$ руб/га):

$$Э_п^{ср} = \frac{119{,}0 \cdot 0{,}91 - [25{,}0 - 25{,}0\,(1 - 0{,}56)\,(1 - 0{,}91)]}{1200} = 0{,}07.$$

Таким образом, при нормативном коэффициенте эффективности для сельского хозяйства $E_п = 0{,}07$ мелиорация лугов в нашем примере экономически эффективна, хотя и не на всей мелиорируемой площади (лишь с обеспеченностью затопления от 25 до 50 % $Э_п < 0{,}07$) (см. рис. 4.27).

С использованием показателей сельскохозяйственного производства приведенного примера на рис. 4.29 по формуле (4.36) построена зависимость максимально допустимых капитальных вложений на мелиорацию лугов от обеспеченности их затопления. Построение указанной зависимости может быть использовано при решении вопроса экономической целесообразности мелиорации земель, расположенных на пойме в пределах различной обеспеченности затопления.

Исходя из нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений $E_н = 0{,}07$, по формуле (4.37) определим минимально допустимый (для рассматриваемого примера) среднемноголетний коэффициент использования (продуктивности) мелиорируемых лугов:

$$k_{S_{min}} = \frac{0{,}07 \cdot 1200 + 25{,}0 \cdot 0{,}56}{119{,}0 - 25{,}0 + 25{,}0 \cdot 0{,}56} = 0{,}91.$$

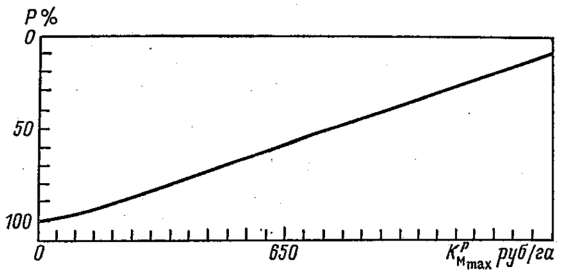


Рис. 4.29. Предельно допустимые капитальные вложения в мелиорацию земель, имеющих различную обеспеченность затопления при наводнениях.

Такой коэффициент свидетельствует о невозможности мелиорации земель с более высокой обеспеченностью затопления в рассмотренном примере.

В целом предлагаемый метод может быть использован при решении конкретных вопросов, связанных с экономическим обоснованием мелиорации земель, подверженных наводнениям.

4.3.4. Определение экономической эффективности мероприятий по борьбе с наводнениями

Экономическая эффективность борьбы с наводнениями путем регулирования стока реки гидроузлом определяется на основе изложенной выше методики учета фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий. Согласно этой методике, в графические зависимости и формулы, установленные для естественного водного режима реки, вводятся соответствующие показатели для условий зарегулированного стока.

Эффективность борьбы с наводнениями достигается за счет:

снижения ущерба от затопления существующих объектов народного хозяйства, что повышает экономическую ценность приречной территории без дополнительных капитальных вложений в развитие сельского хозяйства и других отраслей материального производства;

создания условий для роста производства на высвобождаемых от наводнений территориях, а также в результате сокращения вероятности наводнений, что обеспечивает дополнительное хозяйственное освоение новых земель, интенсификацию использования

существующих сельскохозяйственных угодий, приток населения, развитие сельского, промышленного, дорожного и т. п. строительства при соответствующих капитальных вложениях.

В связи с этим расчет эффективности борьбы с наводнениями производится в два этапа: 1) определение снижения ущерба от затопления существующих объектов народного хозяйства; 2) определение показателей возможного роста производства в условиях зарегулированного стока, включая эффект от снижения ущерба по сравнению с естественными условиями.

Наиболее общим показателем оценки при решении проблемы борьбы с наводнениями является снижение вероятности катастрофических, больших, средних и малых наводнений. Степень регулирования стока реки в целях борьбы с наводнениями определяется путем построения кривых обеспеченности максимальных уровней при различных вариантах резервной противопаводковой емкости водохранилища. Сопоставление вероятности одних и тех же наводнений в естественных условиях и при зарегулированном стоке позволяет в первом приближении выбрать наиболее эффективный вариант. Окончательное решение принимается на основе результатов расчетов, произведенных с помощью известных методов сравнительной и абсолютной экономической эффективности капитальных вложений в решение проблемы борьбы с наводнениями.

Эффект регулирования определяется по водопостам, находящимся, как правило, в верхних и нижних створах характерных участков реки с целью учета боковой (незарегулированной) приточности.

Так, например, для р. Зеи характерными являются: 1) участок от створа Зейского гидроузла до устья р. Селемджи (верхний водопост — Зейские ворота, нижний — Граматуха); 2) участок от устья р. Селемджи до устья р. Зеи (соответственно водопосты Малая Сазанка и Белогорье). Влияние регулирования стока р. Зеи Зейским гидроузлом распространяется на р. Амур на участке от устья р. Зеи до устья р. Буреи (водопосты Гродеково и Поярково).

На рис. 4.30 приведены графические зависимости вероятности наводнений в естественных и зарегулированных условиях для второго участка на примере водопоста Малая Сазанка. Итоговые показатели снижения вероятности различных по силе наводнений в долине р. Зеи и Среднего Амура приведены в табл. 4.21. Эти данные показывают, что регулирование стока р. Зеи Зейским гидроузлом практически полностью ликвидировало наводнения до впадения р. Селемджи; ниже устья р. Селемджи, водосборная площадь которой составляет около 50 % водосборной площади р. Зеи, вероятность наводнений сократится примерно в 3 раза; на Амуре до устья р. Буреи эффект регулирования затухает и выражается в снижении вероятности наводнений примерно в 1,3—1,4 раза.

Из графических зависимостей, помещенных на рис. 4.30, видно, что в условиях зарегулированного стока происходит перераспределение земель по зонам затопления в сторону увеличения площадей с более низкой вероятностью затопления, где ликвидируется или

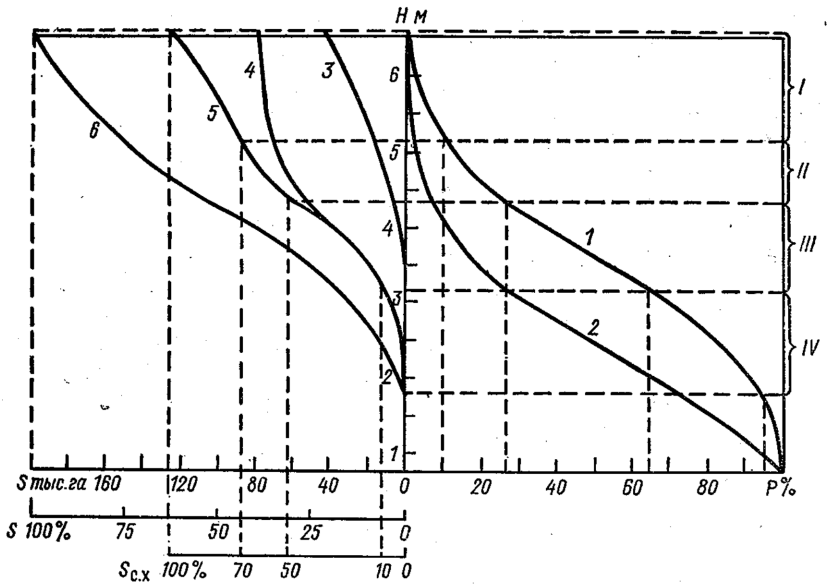


Рис. 4.30. Эффективность регулирования стока р. Зеи Зейским гидроузлом по показателю снижения вероятности наводнений на участке от устья р. Селемджи до устья р. Зеи.

Обеспеченность уровней воды в р. Зее: *1* — в естественных условиях, *2* — при зарегулированном стоке; высотное расположение приречной территории: *3* — пашня, *4* — сенокосы и пастбища, *5* — все сельскохозяйственные угодья, *6* — общая земельная площадь; *I, II, III, IV* — наводнения соответственно катастрофические, большие, средние, малые.

Таблица 4.21

Вероятность (%) наводнений в естественных и зарегулированных условиях водного режима реки

Наводнения	Зея						Амур		
	участок от створа Зейского гидроузла до устья Селемджи			участок от устья Селемджи до устья Зеи			участок от устья Зеи до устья Буреи		
	естественные условия (водопосты Зейские ворота и Граматуха)	зарегулированный сток, водопост		естественные условия (водопосты Малая Сазанка и Белогорье)	зарегулированный сток, водопост		естественные условия (водопосты Гродеково и Поярково)	зарегулированный сток, водопост	
		Зейские ворота	Граматуха		Малая Сазанка	Белогорье		Гродеково	Поярково
Катастрофические (I)	15	—	—	10	1	1	7	5	6
Большие (II)	40	—	3	26	8	8	15	10	12
Средние (III)	75	4	9	65	28	28	58	47	47
Малые (IV)	95	5	16	95	70	72	91	87	87

снижается влияние фактора наводнений на экономическую ценность приречных территорий. Так, например, на участке р. Зеи от устья р. Селемджи до р. Амура[1] из зоны наводнений полностью высвободится 22 % территории долины реки, 30 % площади всех сельскохозяйственных угодий, около 15 % сенокосов и пастбищ и более 50 % пашни.

Введенное выше понятие коэффициента использования (продуктивности) пойменных земель (формула (4.24)) позволяет сформулировать задачу регулирования стока реки: $k_{S_{\text{зарег}}} \to 1$, т. е. чем ближе этот коэффициент к единице, тем выше эффективность борьбы с наводнениями в целом для долины реки. При зарегулированном стоке коэффициент использования (продуктивности) земельных угодий определяется для всей площади, расположенной в пределах границы 1 %-ной обеспеченности затопления в естественных условиях по формуле:

$$k_{S_{\text{зарег}}} = 1 - \frac{\sum\limits_{P_{100}}^{P_1} S_{\text{зарег}}}{100 S_{P_1}}, \qquad (4.38)$$

где $\sum\limits_{P_{100}}^{P_1} S_{\text{зарег}}$ — суммарная площадь сельскохозяйственных угодий, на которой гибнет урожай за 100 %-ный ряд лет в условиях зарегулированного стока; S_{P_1} — площадь соответствующих угодий в пределах границы 1 %-ной обеспеченности затопления при естественном водном режиме реки.

Для определения суммарной площади, на которой гибнет урожай, строятся кривые вероятности гибели урожая (валовой продукции) в условиях зарегулированного стока с учетом изменения обеспеченности уровней воды, сроков и продолжительности затопления приречных территорий (*по аналогии* с естественными условиями — рис. 4.18). Коэффициент использования (продуктивности) и все другие показатели в условиях зарегулированного стока определяются как минимум по двум контрольным водопостам, находящимся в верхнем и нижнем створах рассматриваемого участка реки, с выведением среднего показателя, принимаемого за расчетный (это зависит от наличия водопостов и протяженности участка реки).

Непроизводительные затраты в годы гибели урожая от наводнений в условиях зарегулированного стока определяются по формулам (4.18), (4.26) с помощью построения соответствующих графических зависимостей (рис. 4.14, 4.16, 4.19, 4.30).

Итоговые показатели для оценки влияния регулирования стока на повышение экономической ценности всей площади существующих сельскохозяйственных угодий, т. е. освоенных до строительства Зейского гидроузла, приведены в табл. 4.22. Введение этих данных в формулы (4.21)—(4.23) позволяет установить рост

[1] Дальше в качестве примера приводится этот участок р. Зеи.

Таблица 4.22

Показатели для расчета эффекта регулирования стока р. Зеи Зейским гидроузлом

Наименование сельскохозяйственных угодий и вариант использования	Участок долины р. Зеи от устья р. Селемджи до устья р. Зеи		
	Коэффициент использования (продуктивности)	Вероятность гибели валовой продукции, %	Коэффициент непроизводительных затрат
Пашня	0,89/0,97	11/3	0,75/0,70
Сенокосы			
при сенокошении с 10 июля и сохранении заготовленного сена на пойме	0,61/0,87	39/13	0,60/0,60
при сенокошении с 1 по 20 июля и вывозке сена на незатопляемые места	0,78/0,94	22/6	0,60/0,58
Пастбища	0,82/0,95	18,5	—

Примечание. Числитель — в естественных условиях, знаменатель — при зарегулированном стоке.

сельскохозяйственного производства за счет повышения экономической ценности существующих сельскохозяйственных угодий или, что то же самое, за счет снижения ущерба от наводнений по показателям стоимости валовой продукции, чистого дохода и рентабельности производства. Относительная оценка сельскохозяйственных угодий с учетом фактора наводнений характеризуется показателями табл. 4.23.

Эффективность борьбы с наводнениями достигается как за счет улучшения использования существующих сельскохозяйственных угодий и повышения их экономической ценности (прямое снижение ущерба от наводнений), так и в еще большей степени за счет создания условий для роста сельскохозяйственного производства путем интенсификации использования существующих сельскохозяйственных угодий и дополнительного освоения новых земель. Для обоснования экономической эффективности мелиоративных мероприятий используются формулы (4.34), (4.35) с введением в них показателей экономической оценки земли в условиях зарегулированного стока.

Рассмотренная методика определения влияния наводнений на сельскохозяйственное производство, основанная на экономической оценке земли с учетом фактора наводнений, позволила при разработке проекта Зейского гидроузла установить эффект регулирования стока р. Зеи, который заключается в обеспечении роста сельскохозяйственного производства в долине р. Зеи от створа гидроузла до впадения в р. Амур примерно в 2 раза по сравнению с возможным развитием в естественных условиях. При этом прирост производства обеспечивается на 32 % за счет повышения

Таблица 4.23

Оценка (баллы) сельскохозяйственных угодий в долине р. Зеи (участок от устья р. Селемджи до устья р. Зеи) с учетом фактора наводнений

Наименование сельскохозяйственных угодий и водный режим р. Зеи	По стоимости валовой продукции	По чистому ходу	По рентабельности производства
Пашня			
при отсутствии наводнений	100	100	100
при естественном водном режиме	89	77	79
при зарегулированном стоке	97	94	94
Сенокосы			
При сенокошении с 10 июля и сохранении заготовленного сена на пойме			
при отсутствии наводнений	100	100	100
при естественном водном режиме	61	32	38
при зарегулированном стоке	87	77	81
При сенокошении с 1 по 20 июля и вывозе сена на незатопляемые места			
при отсутствии наводнений	100	100	100
при естественном водном режиме	78	66	76
при зарегулированном стоке	94	90	92
Пастбища			
при отсутствии наводнений	100	—	—
при естественном водном режиме	82	—	—
при зарегулированном стоке	95	—	—

экономической ценности существующих сельскохозяйственных угодий и на 68 % за счет создания условий для интенсификации использования сельскохозяйственных угодий и дополнительного освоения новых земель.

При зарегулированном стоке сельскохозяйственная освоенность земель в долине р. Зеи возрастет с 63 до 70 %. Площадь пашни увеличится в 1,9 раза; удельный вес искусственных сенокосов и пастбищ составит 49 % их общей площади.

Важным показателем эффективности регулирования стока р. Зеи и обоснования строительства Зейского комплексного гидроузла является снижение затрат на обвалование за счет срезки летне-осенних максимальных уровней в период наводнений. Для полной защиты долины реки от наводнений (1 %-ная расчетная обеспеченность) при зарегулированном стоке р. Зеи гидроузлом затраты на обвалование сократятся в 1,9 раза, или более чем на 100 млн руб. по сравнению с условиями естественного водного режима реки при соблюдении сопоставимости вариантов по показателям производства продукции и оказания услуг во всех отраслях (объектах) народного хозяйства приречных районов. Значение показателей эффективности борьбы с наводнениями при расчете экономической эффективности Зейского комплексного гидроузла иллюстрирует табл. 4.24.

Таблица 4.24

Экономическая эффективность Зейского комплексного гидроузла

Показатель	Окупаемость затрат, лет
Сравнительная экономическая эффективность	
при чисто энергетическом назначении гидроузла	$T = \frac{K_{\text{ГЭС}} - K_{\text{ТЭС}}}{И_{\text{ТЭС}} - И_{\text{ГЭС}}} = 15{,}3$
с учетом эффективности борьбы с наводнениями в сельском хозяйстве	$T = \frac{(K_{\text{ГЭС}} - K_{\text{ТЭС}}) + K_{\text{сх}}}{(И_{\text{ТЭС}} - И_{\text{ГЭС}}) + \Delta П_{\text{сх}}} = 10{,}6$
с учетом эффективности борьбы с наводнениями во всех отраслях народного хозяйства	$T = \frac{(K_{\text{ГЭС}} - K_{\text{ТЭС}}) + K_{\text{сх}} + K_{\text{пр}}}{(И_{\text{ТЭС}} - И_{\text{ГЭС}}) + \Delta П_{\text{сх}} + \Delta П_{\text{пр}}} = 9{,}1$
с учетом эффекта от снижения затрат на обвалование долины реки	$T = \frac{(K_{\text{ГЭС}} - K_{\text{ТЭС}}) - \Delta K_{\text{обв}}}{(И_{\text{ТЭС}} - И_{\text{ГЭС}}) + \Delta И_{\text{обв}}} = 8{,}3$
Общая (абсолютная) экономическая эффективность	$T = \frac{K_{\text{ГЭС}} + K_{\text{сх}} + K_{\text{пр}}}{\Delta П_{\text{эн}} + \Delta П_{\text{сх}} + \Delta П_{\text{пр}}} = 5{,}6$

Примечание. $K_{\text{ГЭС}}$, $K_{\text{ТЭС}}$ и $И_{\text{ГЭС}}$, $И_{\text{ТЭС}}$ соответственно капитальные вложения и ежегодные издержки по ГЭС и заменяемой ТЭС; $\Delta П_{\text{сх}}$ и $\Delta П_{\text{пр}}$ — эффект борьбы с наводнениями по приросту прибыли в сельском хозяйстве и в прочих отраслях; $K_{\text{сх}}$ и $K_{\text{пр}}$ — сопутствующие эффекту капитальные вложения в сельское хозяйство и прочие отрасли; $\Delta K_{\text{обв}}$ и $\Delta И_{\text{обв}}$ — снижение единовременных и текущих затрат на обвалование в условиях зарегулированного стока по сравнению с естественными условиями; $\Delta П_{\text{эн}}$ — прирост прибыли в энергетике.

5 Глава 5. Методы экономического обоснования мероприятий по охране водотоков и водоемов

Задача принятия решений по выбору водоохранных мероприятий может быть сформулирована в терминах цели, средств и результата. В качестве средств, оказывающих влияние на результат, выступают рассмотренные выше водоохранные мероприятия.

Математическая модель задачи принятия решений по выбору водоохранных мероприятий представляет собой формальное описание цели, средств, результатов, а также связи между средствами и результатами, которое можно произвести, задав два множества: множество А, представляющее одно или комбинацию водоохранных мероприятий, элементы которого будем называть альтернативами, и множество В, элементы которого будем называть исходами.

Как известно, существует несколько типов зависимости исходов от альтернатив. В том случае, когда каждая альтернатива приводит к единственному исходу, мы имеем простейший тип связи, т. е. задача решается в условиях определенности. Более сложный тип связи возникает при нескольких исходах, имеющих определенную вероятность появления (стохастические условия). Последнее обусловливает принятие решения с определенным риском. Наконец, если каждая альтернатива может привести к одному из нескольких исходов, причем отсутствует даже стохастическая зависимость исходов от альтернатив, то решение принимается в условиях неопределенности.

Проведем экономическое обоснование водоохранных мероприятий для всех вышеперечисленных условий.

5.1. Экономический анализ эффективности технических решений по защите водоемов и водотоков от загрязнения

В настоящее время все большую роль в развитии производства и повышении его эффективности отводится активизации процессов рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. На это направлены «Временная методика определения экономической эффективности затрат в мероприятия по охране окружающей среды» (утверждена Госпланом СССР 15 января 1980 г.) и «Временная методика определения экономической

эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды» (одобрена постановлением Госплана СССР, Госстроя СССР и Президиума Академии наук СССР от 21.10.1983 № 254/284/134). Однако несмотря на большую государственную значимость этих документов среди ученых и специалистов до сих пор нет единого мнения по отдельным теоретическим аспектам решения данной проблемы.

В этих методиках, а также в многочисленных отраслевых методиках для измерения эффективности затрат используются два методологических подхода. Для первого подхода характерна фондовая интерпретация вложений, для второго капитальные вложения рассматриваются в виде инвестиционного потока. Для оценки результатов производства и развития возможны оба подхода.

Согласно фондовой интерпретации учитываются реализованные капитальные вложения на определенный момент времени развития народного хозяйства и отдельных отраслей. Для измерения результатов в этих условиях вполне обоснованным является применение таких показателей, как фондоотдача, рентабельность, удельные затраты труда и себестоимость единицы продукции. Однако заметим, что удельные экономические показатели характеризуют лишь уровень затрат или результатов и поэтому на их основе нельзя осуществлять регулирование производства и выбирать оптимальные решения. Последнее можно обеспечить при использовании показателей, выраженных в виде отношения прироста эффекта к приросту затрат.

Инвестиционный характер капитальных вложений проявляется в том, что осуществляется поток средств производства во времени и пространстве, эффект от которого реализуется через определенное время, через так называемый цикл вложений. Для измерения эффективности этого потока могут использоваться дифференциальные показатели, например коэффициент дополнительных капитальных вложений или срок окупаемости. В условиях непрерывно расширяющейся экономики могут быть использованы и показатели, основанные на производных второго и более высоких порядков.

В решение проблемы эффективности капитальных вложений значительный вклад внесли энергетики, в частности, представляют большой интерес работы П. П. Долгова по структуре критерия эффективности в моделях оптимального планирования, которые стали основой для специалистов, развивающих теоретические вопросы экономического анализа, направленного на совершенствование методов технико-экономических обоснований мероприятий природоохранного назначения.

Выбор оптимальных решений в вопросах рационального использования и охраны окружающей среды в настоящее время основан на использовании целевой функции — минимума приведенных затрат. Но применение этого критерия для сравнения вариантов допустимо лишь при условии приведения вариантов к тождественному народнохозяйственному результату не только по объемам

производства, качеству продукции, но и по воздействию на окружающую среду.

Возможность многовариантных решений практически любых экономических задач природопользования требует рассмотрения всех реально возможных альтернатив. При этом следует особо подчеркнуть, что не всякая совершенная технология, основанная на последних достижениях науки и техники предопределяет ее экономическую целесообразность. Например, утилизация тепловых отходов ТЭС (АЭС) в биологических комплексах, в которых, с одной стороны, интенсифицируется процесс охлаждения циркуляционных вод перед сбросом в водоем, а с другой — увеличивается рыбопродуктивность искусственных бассейнов, потребовала дополнительных кормов белкового происхождения. В результате на некоторых ТЭС данное мероприятие оказалось неэффективным. Поэтому единственной основой для осуществления природоохранных мероприятий может быть лишь результат всесторонних технико-экономических расчетов.

Таким образом, можно отметить, что задачей технико-экономических расчетов в проблеме охраны природы и окружающей среды является выбор такого решения, которое обеспечило бы достижение планового производственного результата при концентрации загрязняющих веществ, не превышающих предельно допустимых значений в условиях ограниченных или заданных ресурсов, с наибольшей эффективностью.

В связи с этим рассмотрим основные положения по расчетам экономической эффективности водоохранных мероприятий.

В общем случае для экономического сравнения вариантов технических и экологических решений необходимо располагать следующими обобщенными показателями: K — капитальные вложения для создания технических средств водоохранного назначения; $И$ — эксплуатационные издержки при непрерывном функционировании технических средств; B — объем уничтожаемого загрязняющего вещества в результате внедрения технических средств; W — потребительский эффект, который выражает тот или иной результат от предотвращения производственных выбросов.

На первоначальном этапе можно предположить, что конечные результаты B и W представлены в виде точечных оценок. Имея набор обобщенных показателей по вариантам, можно перейти к сравнительному экономическому анализу. В этом анализе исследуем ряд характерных форм различия вариантов.

Пусть сопоставляются два возможных варианта комплекса водоохранных мероприятий, имеющих тождественные производственный ($W_1 = W_2$) и экологический ($B_1 = B_2$) эффекты, но различающихся по экономическим показателям ($K_1 \neq K_2$, $И_1 \neq И_2$). Здесь выбор решения осуществляется по известным формулам сравнительной экономической эффективности и не представляет трудностей. В реальных условиях выбора часто встречается следующая форма показателей вариантов водоохранных мероприятий:

$$K_2 > K_1;\ И_2 > И_1;\ B_2 > B_1;\ W_2 = W_1.$$

Для данной ситуации однозначного вывода сделать нельзя, так как первый вариант предпочтительнее по капитальным вложениям и эксплуатационным затратам, а второй — по объему уничтожаемого загрязняющего вещества. Важно заметить, что использование критерия минимума приведенных затрат допустимо лишь при условии приведения вариантов к тождественному результату, что представляет большие методические и практические трудности. Их можно преодолеть с помощью математических моделей оптимального планирования и нормативных показателей типа замыкающих затрат [76, 119]. Рассмотрим наиболее приемлемые методы, которые можно рекомендовать для измерения эффективности капитальных вложений в водоохранные мероприятия и их отбора в исследуемой ситуации.

Правило тождества выражается условием

$$B_2 = B_1 + \Delta B.$$

Уничтожение дополнительного объема загрязняющих веществ требует дополнительных затрат на замыкающих [1] водоохранных установках с удельными показателями $k_з$ и $u_з$. Отсюда дополнительные затраты определяются по следующим формулам:

$$\Delta K = k_з \Delta B,$$
$$\Delta N = u_з \Delta B,$$

где $k_з$, $u_з$ — соответственно дополнительные удельные вложения и эксплуатационные затраты на замыкающих водоохранных установках.

Для приведения вариантов к тождественному результату можно использовать скорректированный показатель для выбора варианта с бóльшим экологическим эффектом.

$$И_2 + E_н K_2 \leqslant И_1 + \Delta И + E_н (K_1 + \Delta K). \qquad (5.1)$$

Из неравенства (5.1) получим условие для выбора решения, которое имеет больший экологический эффект:

$$\frac{\Delta З}{\Delta B} \leqslant u_з + E_н k_з. \qquad (5.2)$$

В экономической интерпретации условие (5.2) соответствует выбору, при котором приращение приведенных затрат, отнесенное к дополнительному эффекту, должно быть не больше удельных приведенных затрат по заменяющей водоохранной установке.

Выбор показателей заменяющих вариантов водоохранных мероприятий представляет собой сложную задачу системного анализа, которая должна решаться на более высоких уровнях планирования

[1] Под замыкающими водоохранными установками понимается последняя, включенная в оптимальный план установка, на которой предельные (замыкающие) издержки (себестоимость) обезвреживания загрязняющих веществ выше, чем на предыдущих.

Полученная на этих уровнях система показателей должна передаваться в виде нормативов для проектировщиков.

Так как в реальных ситуациях такой информации часто не бывает, то можно использовать следующую приближенную процедуру.

Пусть приращение капиталовложений ΔK и ежегодных издержек $\Delta И$ обусловливает увеличение объема уничтожаемого загрязняющего вещества на ΔB. Для приведения вариантов к тождественному результату необходимо пересчитать показатели первого варианта:

$$K_1 \frac{B+\Delta B}{B}; \quad И_1 \frac{B+\Delta B}{B}.$$

Используя формулы приведенных затрат (5.1), после преобразования можно получить условия целесообразности дополнительных затрат:

$$(\Delta И + E_н \Delta K)/\Delta B \leqslant (И_1 + E_н K_1)/B_1. \qquad (5.3)$$

Соотношение (5.3) показывает, что для принятия варианта водоохранных мероприятий с большим экологическим эффектом необходимо, чтобы приращение приведенных затрат, отнесенное к дополнительному объему уничтожаемого загрязняющего вещества, было меньше или равно удельным приведенным затратам базового варианта. Или другими словами, дополнительные приведенные затраты, отнесенные к приведенным затратам базисного варианта, должны быть не больше относительного прироста экологического эффекта, т. е.

$$\frac{\Delta З}{З_1} \leqslant \frac{\Delta B}{B_1}. \qquad (5.4)$$

Принцип тождества результатов необходимо применять и в анализе более сложных задач. Пусть, например, при реализации водоохранных мероприятий, направленных на предотвращение теплового загрязнения, кроме основного (экологического) эффекта B, возникают эффекты: а) в виде дополнительной выработки электроэнергии $W_э$; б) в производстве других отраслей, к которым следует отнести производство теплиц $W_т$, производство рыбного хозяйства $W_р$, производство продукции на орошаемых землях $W_о$. Конечный результат описывается векторами $(B_1, W_1^э, W_1^т, W_1^р, W_1^о)$ и $(B_2, W_2^э, W_2^р, W_2^т, W_2^о)$ при следующих соотношениях основных показателей: $K_2 > K_1$; $И_2 > И_1$; $B_2 > B_1$; $W_2^э > W_1^э$; $W_2^т < W_1^т$; $W_2^р < W_1^р$; $W_2^с > W_1^с$.

В данном наборе двух вариантов общий эффект народного хозяйства должен определяться вектором

$$B_2, \; W_2^э, \; W_1^т, \; W_1^р, \; W_2^о.$$

Для сравнения множества вариантов необходимо определить соответствующие формулы приведенных затрат:

$$З_1^{\Sigma} = З_1 + з_B \Delta B + з_{W^э} \Delta W^э + З_1^т + З_1^р + з_{W^о} \Delta W^о,$$

$$З_2^{\Sigma} = З_2 + з_{W^т} \Delta W^т + з_{W^р} \Delta W^р,$$

где $з_B$, $з_{W^э}$, $з_{W^т}$, $з_{W^р}$, $з_{W^о}$ — удельные приведенные затраты по заменяющим объектам.

Окончательный выбор оптимального решения должен отвечать условию

$$\min (З_1^{\Sigma};\ З_2^{\Sigma}).$$

Так как и в этом случае необходимо задание удельных показателей по заменяющим объектам, а они по тем или иным причинам могут отсутствовать, то опять возникает необходимость построения приближенных оценок.

Поскольку приведенные затраты на водоохранные мероприятия являются функцией множества экологических и потребительских эффектов:

$$З = З(B,\ W^э,\ W^т,\ W^р,\ W^о),$$

то разложением этой функции можно получить приближенную оценку приращения затрат:

$$\Delta З = \frac{\partial З}{\partial B} \Delta B + \frac{\partial З}{\partial W^э} \Delta W^э + \frac{\partial З}{\partial W^т} \Delta W^т +$$

$$+ \frac{\partial З}{\partial W^р} \Delta W^р + \frac{\partial З}{\partial W^о} \Delta W^о.$$

Для последующего анализа и расчетов необходимо иметь численные значения частных производных в разложении дополнительных затрат. В общем случае эти оценки можно получить на основе аналитических законов проектирования и статистических методов [119]. Так как это не всегда можно сделать, то возникает задача определения их на основе приближенных способов. Наиболее простой прием заключается в допущении гипотезы о пропорциональности дополнительных затрат относительному эффекту

$$\Delta З = \mu_B \Delta B + \mu_{W^э} \Delta W^э + \mu_{W^т} \Delta W^т + \mu_{W^р} \Delta W^р + \mu_{W^о} \Delta W^о, \quad (5.5)$$

или

$$\Delta З = \lambda l_B + \lambda l_{W^э} + \lambda l_{W^т} + \lambda l_{W^р} + \lambda l_{W^о}, \quad (5.6)$$

где l — относительное приращение результата по B, $W^э$, $W^т$, $W^р$, $W^о$; λ — экономическая оценка относительного эффекта. Из

выражения (5.6) получаем экономическую оценку относительного эффекта λ при заданном значении дополнительных затрат $\Delta З$:

$$\lambda = \frac{\Delta З}{l_B + l_{W^э} + l_{W^т} + l_{W^р} + l_{W^о}}. \qquad (5.7)$$

Кроме того, из выражения (5.5) можно получить следующие экономические оценки:

$$\left.\begin{aligned}
\mu_B &= \left(\frac{\Delta З}{\Delta B}\right)\left(\frac{l_B}{l_B + l_{W^э} + l_{W^т} + l_{W^р} + l_{W^о}}\right),\\
\mu_{W^э} &= \left(\frac{\Delta З}{\Delta W^э}\right)\left(\frac{l_{W^э}}{l_B + l_{W^э} + l_{W^т} + l_{W^р} + l_{W^о}}\right),\\
\mu_{W^т} &= \left(\frac{\Delta З}{\Delta W^т}\right)\left(\frac{l_{W^т}}{l_B + l_{Wэ} + l_{W^т} + l_{Wр} + l_{Wо}}\right),\\
\mu_{Wр} &= \left(\frac{\Delta З}{\Delta W^р}\right)\left(\frac{l_{W^р}}{l_B + l_{W^э} + l_{W^т} + l_{W^р} + l_{W^о}}\right),\\
\mu_{W^о} &= \left(\frac{\Delta З}{\Delta W^о}\right)\left(\frac{l_{W^о}}{l_B + l_{W^э} + l_{W^т} + l_{W^р} + l_{W^о}}\right),
\end{aligned}\right\} \qquad (5.8)$$

Эти экономические оценки являются важным инструментом для предварительного нахождения дополнительных затрат в водоохранные мероприятия и приведения результатов к тождественному виду. Рассмотрим это на простом примере.

Пусть два варианта водоохранных мероприятий имеют одинаковый экологический эффект, но различаются по экономическим показателям:

$$K_2 > K_1; \quad И_2 > И_1.$$

Второй вариант дает дополнительные эффекты по утилизации тепловых отходов в тепличном хозяйстве — $l_{W_т}$; в рыбоводческом комплексе — $l_{W^р}$; при орошении — $l_{W^о}$. При найденных из выражения (5.8) оценках $\mu_{W^т}$, $\mu_{W^р}$, $\mu_{W^о}$ экономическая целесообразность дополнительных приведенных затрат определяется из условия:

$$\Delta З \leqslant \mu_{W^т} l_{W^т} W^т + \mu_{W^р} l_{W^р} W^р + \mu_{W^о} l_{W^о} W^о. \qquad (5.9)$$

Отсюда можно сделать вывод, что при векторном задании экологического и потребительского эффекта предложенный подход позволяет реализовать принцип сопоставления вариантов, тождественных народнохозяйственному эффекту.

В заключение отметим, что в сравнительном экономическом анализе вариантов и расчетах годового экономического эффекта

водоохранных мероприятий необходимо учитывать фактор времени (дисконтирования), когда капитальные и текущие затраты меняются по годам их освоения. Учет фактора времени осуществляется путем приведения их к одному моменту времени по формуле сложных процентов.

5.2. Принятие решений в условиях определенности

Рассмотрим часто встречающийся при проектировании комплекса водоохранных мероприятий случай распределения загрязняющего вещества на n водоохранных установках. Предположим, объем уничтожаемого загрязняющего вещества равен $b_1, b_2, \ldots, b_n$ ($b_i \geqslant 0$, $i=1, 2, \ldots, n$). Затраты на уничтожение загрязняющего вещества для каждой установки являются функциями выхода вещества и равняются соответственно $З_1(b_1)$, $З_2(b_2)$, ..., $З_n(b_n)$. Предполагается, что затраты не отрицательны и возрастают с увеличением объема уничтожаемого вещества; следовательно, предельные затраты $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} > 0$ ($i=1, 2, \ldots, n$); сделаем еще одно допущение: предельные затраты на обезвреживание вещества возрастают при увеличении его количества, т. е. $\frac{\partial^2 З_i}{\partial b_i} > 0$ ($i=1, 2, \ldots, n$).

Требуется распределить объем загрязняющего вещества B_i на n водоохранных установках, чтобы суммарные затраты были минимальными. Математическая формулировка задачи: найти такие переменные $b_1, b_2, \ldots, b_n$, чтобы

$$З_0 = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) = \min \tag{5.10}$$

при условии, что

$$\sum_{i=1}^{n} b_i = B_i,$$

$$b_i \geqslant 0 \quad (i=1, 2, \ldots, n). \tag{5.11}$$

Балансовое условие (5.11) означает, что суммарный объем уничтожаемого загрязняющего вещества должен равняться плановому (заданному) объему B_i. Это условие можно заменить балансовым неравенством $\sum_{i=1}^{n} b_i \geqslant B_i$, но вследствие (5.10) это неравенство все равно пришлось бы заменить равенством (5.11), так как возникающие негативные экологические последствия в водоеме потребовали бы дополнительных затрат на компенсационные мероприятия.

Допустим, что функция затрат (5.10) нелинейна. В таком случае исследуемую задачу можно решить методами дифференциального

программирования. Решение задачи этими методами начинается, как известно, с построения вспомогательной функции Лагранжа, которая в области допустимых решений достигает минимума для тех же значений переменных b_1, b_2, ..., b_n, что и целевая функция (5.10).

Для данного случая функция Лагранжа имеет следующий вид:

$$З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{n} b_i - B_i\right).$$

Необходимым условием существования экстремального значения функции Лагранжа является равенство нулю ее частных производных

$$\frac{\partial З_с}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial b_i} - \lambda = 0.$$

Отсюда $\partial З_i/\partial b_i = \lambda$ ($i = 1, 2, \ldots, n$). Следовательно, распределение уничтожаемого загрязняющего вещества между водоохранными установками оптимально, если предельные затраты по их уничтожению на этих сооружениях равны между собой:

$$\frac{\partial З_1}{\partial b_1} = \frac{\partial З_2}{\partial b_2} = \ldots = \frac{\partial З_n}{\partial b_n} = \lambda. \qquad (5.12)$$

Всего существует $n-1$ уравнений вида (5.12). Таким образом, из них можно определить $n-1$ неизвестных b_i. Последнее n-е неизвестное можно определить из балансового условия (5.11).

Условие (5.12) можно вывести логическим путем. Если бы предельные затраты обезвреживания загрязняющего вещества на отдельных водоохранных сооружениях не были равны, то, естественно, было бы выгодно перераспределить заданный объем уничтожаемых веществ, уменьшив его на водоохранных сооружениях, где предельные затраты выше, и увеличив на водоохранных сооружениях, где затраты ниже; это привело бы к снижению совокупных затрат.

Если на всех водоохранных установках предельные затраты по уничтожению (использованию) загрязняющих веществ одинаковы, то можно говорить об общих предельных затратах по их уничтожению (использованию), которые равняются λ; в данном случае в этом и заключается экономический смысл множителя Лагранжа. Если заданный объем загрязняющего вещества распределен между водоохранными установками не оптимально, то условие (5.12) не выполняется и нельзя говорить о каких-либо обобщающих нормативах уничтожения загрязняющих веществ; в этом случае затраты различны для каждой водоохранной установки.

Покажем графическое решение этой задачи для случая, когда возможно использование двух водоохранных установок (рис. 5.1).

Примем отрезок B_1B_2 на рис. 5.1 равным B, причем $B = b_1 + b_2$, затем построим графики функций предельных затрат $\frac{\partial З_1}{\partial b_1}$ и

$\frac{\partial З_2}{\partial b_2}$, откладывая объем загрязняющего вещества, уничтожаемого каждой водоохранной установкой, в противоположных направлениях (отсчет начинается от точек B_1 и B_2 соответственно). Если предельные затраты на обеих водоохранных установках есть возрастающие функции (рис. 5.1 *а*) и, следовательно, $\frac{\partial^2 З_1}{\partial b_1} > 0$ и $\frac{\partial^2 З_2}{\partial b_2} > 0$, то проекции точки A пересечения графиков предельных

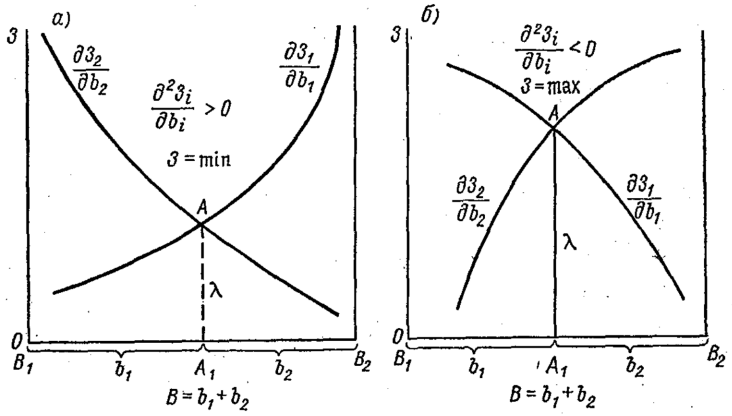


Рис. 5.1. Графическое решение задачи нахождения минимума приведенных затрат на водоохранных установках.

а — вариант возрастающих функций затрат, *б* — вариант понижающихся функций затрат.

затрат на ось B_1B_2 (точка A_1) дает оптимальное распределение суммарного объема B, подлежащего уничтожению (утилизации), между обеими водоохранными установками: $b_1 = B_1A_1$ и $b_2 = B_2A_1$. Любое другое распределение привело бы к увеличению суммарных затрат $З_с$. Отрезок $AA_1 = \lambda$ определяет общие для обеих водоохранных установок предельные затраты по уничтожению (утилизации) загрязняющих веществ.

Нетрудно показать, что если бы предельные затраты $\frac{\partial З_1}{\partial b_1}$ и $\frac{\partial З_2}{\partial b_2}$ были бы понижающейся функцией (рис. 5.1 *б*), то точка определяла бы не минимальное, а максимальное значение затрат $З_с$. В этом случае было бы целесообразно сосредоточить уничтожение загрязняющих веществ на одной водоохранной установке: той, где затраты на уничтожение вещества в количестве B меньше.

Нахождение минимума $З_с$ в точке, где предельные затраты обеих водоохранных установок уравниваются, вытекает из условия,

что функции предельных затрат на них являются возрастающими. Поэтому второй частный дифференциал функции Лагранжа, если выполняется балансовое условие (5.11), положителен $\left(\frac{\partial^2 З_i}{\partial b_i} > 0\right)$. Это, как известно, есть условие того, что экстремальное значение функции представляет собой минимум.

К более сложным вариантам рассматриваемой задачи относится случай, когда мощности водоохранных установок ограничены. Допустим прежде всего, что водоохранные установки имеют минимальные и максимальные мощности $N_i^{\min}$ и $N_i^{\max}$ ($N_i^{\max} > N_i^{\min} > 0$). Тогда граничные условия (5.11) принимают следующий вид:

$$N_i^{\min} \leqslant b_i \leqslant N_i^{\max} \quad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{5.13}$$

Если из условия (5.12), при выполнении которого $З_c = \min$, следует, что какое-то значение загрязняющего вещества $b_i > N_i^{\min}$, то очевидно, что с учетом условия (5.13) объем уничтожаемого вещества составит $N_i^{\min} = b_i$, т. е. на данной водоохранной установке уничтожается минимум загрязняющего вещества и предельные затраты $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} > \lambda$. Если из условия (5.13) следует, что $b_i < N_i^{\max}$, тогда принимается, что $b_i = N_i^{\max}$, т. е. на данной установке уничтожается максимум загрязняющего вещества и $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} < \lambda$.

Заметим также, что если предельные затраты на отдельных водоохранных установках постоянны или понижаются, то дифференциальное программирование применить невозможно [83]. В этом случае прежде всего полностью нужно использовать мощность той водоохранной установки, где средние затраты на обезвреживание загрязняющих веществ при полном использовании мощности минимальны. Если эта водоохранная установка не полностью уничтожает (утилизирует) B_i, то вводится в действие следующая по уровню средних затрат водоохранная установка и т. д. до тех пор, пока концентрация сбрасываемого загрязняющего вещества окажется ниже предельно допустимой. Не исключен тот случай, когда в самые благоприятные времена года (имеются ввиду экологические условия) часть водоохранных установок вообще не будет вводиться в действие.

Таким образом, при невозможности использования дифференциального программирования ввод водоохранных установок при n-м их количестве должен осуществляться в порядке возрастания затрат на установках до тех пор, пока их мощности будут достаточны для уничтожения (утилизации) заданного объема загрязняющих веществ. В этом случае суммарные затраты составят:

$$З_c = З_1(b_1) + З_2(b_2) + \ldots + З_n(b_n). \tag{5.14}$$

Следует заметить, что в выражении (5.14) под средними затратами понимается отношение суммарных затрат к объему уничтожаемого загрязняющего вещества. А это есть не что иное, как средние удельные затраты на единицу уничтожаемого вещества. Кроме того, если предельные затраты на всех водоохранных установках постоянны, т. е. не зависят от объема уничтожаемого вещества, то средние затраты равны предельным затратам.

Используя описанные методы, решение задачи оптимального выбора структуры водоохранных мероприятий рассмотрим на примере теплового загрязнения водоемов и водотоков при размещении на них крупных энергетических установок ТЭС (АЭС) в условиях определенности.

Для решения задачи необходимо обосновать критерий выбора водоохранных мероприятий. По нашему мнению, таким критерием должен служить минимум совокупных текущих и единовременных затрат в мероприятия: а) по предотвращению теплового загрязнения водоемов и водотоков (водоохранные установки) — $З_{в.м}$; б) по компенсации негативных социальных, экологических и экономических последствий, обусловленных превышением фактической температуры воды над ее естественным значением,— $З_к$.

Математическая формулировка задачи: найти среди значений переменных $t_1, t_2, \ldots, t_n$ оптимальную температуру воды $t_{опт}$, чтобы

$$З_с = З_i^{в.м}(t_i) + З_i^{к}(t_i) = \min \tag{5.15}$$

при наличии ограничивающего условия

$$t_ф \leqslant t_н, \tag{5.16}$$

где $t_ф$ и $t_н$ — фактическая и нормативная температура воды водоема.

Так как суммарные затраты состоят из двух составляющих, которые с изменением температуры изменяются в противоположных направлениях, то в общем случае их можно аппроксимировать простыми функциями. Допустим:

1) затраты на водоохранные мероприятия аппроксимируются простой линейной функцией

$$З_{в.м}(t_i) = a_0 + \alpha t_ф, \tag{5.17}$$

где a_0 — постоянные затраты на водоохранные мероприятия, не связанные с тепловым загрязнением (например, на мероприятия, обусловленные ликвидацией поверхностно-активных веществ, нефтепродуктов, фенолов и т. д.), а α — дополнительные затраты на ликвидацию единицы тепла;

2) затраты по компенсации негативных социальных последствий аппроксимируются функцией:

$$З_к(t_i) = b_0 + \frac{\beta}{t_ф}, \tag{5.18}$$

где b_0 — постоянные затраты на компенсационные мероприятия, не зависящие от затрат на водоохранные мероприятия, β — переменная часть компенсационных затрат, снижающаяся при увеличении затрат на водоохранные мероприятия.

Для определения параметров a_0, α, b_0, β из зависимостей (5.17) и (5.18), представляющих собой прямую и гиперболу, можно воспользоваться методом наименьших квадратов или методом средних (трех сигм).

Определив значения a_0, α_1, b_0, β_1 и сделав допущения, что α_0 и b_0 — постоянны, можно записать

$$З_с = a_0 + b_0 + \alpha t_ф + \frac{\beta}{t_ф}.$$

Задача состоит в определении такого значения t, чтобы

$$З_с = a_0 + b_0 + \alpha t_ф + \frac{\beta}{t_ф} \to \min \tag{5.19}$$

при условии, что значения a_0, b_0, α, β известны, а значения a_0, b_0 к тому же постоянны.

Минимальное значение этой функции вычисляем из условия $t_ф \leqslant t_н$. Так как рассматриваемая задача является задачей на условный экстремум, то воспользуемся методом множителей Лагранжа.

$$L = З_с(t_i) + \lambda_t (t_ф - t_н) = \min,$$

где $t_ф - t_н$ есть отклонение от допустимой нормы; λ_t — множитель Лагранжа.

Необходимое условие существования минимума этого выражения состоит в том, чтобы частные производные относительно всех значений t_i были равны нулю. Поэтому

$$\frac{\partial L}{\partial t_i} = \alpha - \frac{\beta}{t^2} + \lambda_t = 0 \tag{5.20}$$

или $(\alpha + \lambda_t) t^2 = \beta$.

Из этого условия получаем следующее оптимальное значение температуры воды в водоеме

$$t_{опт} = \sqrt{\frac{\beta}{\alpha + \lambda_t}}. \tag{5.21}$$

Таким образом, минимальное значение суммарных затрат на водоохранные и компенсационные мероприятия достигается при уровне температуры $t_{опт}$, которому соответствует минимальное значение $З_с$. Уровень загрязнения $t_{опт}$ является экономическим оптимумом теплового загрязнения. Очевидно, что главным достижением экономического оптимума теплового загрязнения служит выполнение равенства

$$|З'_{в.м}(t_{опт})| = |S'_к(t_{опт})|. \tag{5.22}$$

Равенство (5.22) означает, что минимум суммарных затрат (экономический оптимум теплового загрязнения) имеет место в том случае, когда прирост затрат на водоохранные мероприятия становится равным возникающему при этом снижению компенсационных затрат, т. е. при условии равенства по модулю предельных затрат предотвращения теплового загрязнения предельным затратам компенсационных мероприятий.

Экономический оптимум теплового загрязнения следует рассматривать как верхнюю границу социального оптимума загрязнения, так как чисто социальные соображения могут диктовать необходимость установления более жестких ограничений на показатели качества воды. Рассмотрим этот вопрос более подробно. Проанализируем формулу (5.21) и попытаемся найти экономический смысл полученного результата. При выполнении ограничения $t_ф \leqslant t_н$ множитель $\lambda_t = 0$ и оптимальный уровень температуры воды определяются только отношением параметров $\frac{\beta}{\alpha}$.

Если же будет иметь место $t_ф > t_н$, то множитель $\lambda_t > 0$. Это означает, что удельные затраты на водоохранные мероприятия возрастут на λ_t. Таким образом, величина λ_t есть экономическая оценка ограничения (5.16) и ее можно трактовать как дополнительные затраты, которые необходимо вкладывать в процессе реализации водоохранных мероприятий, чтобы обеспечить нормативную температуру воды в водоеме.

Для численного решения рассматриваемой задачи можно предложить следующую процедуру:

1. Предположим, что $\lambda_t = 0$ и найдем оптимальное значение $t_{опт} = \sqrt{\frac{\beta}{\alpha}}$. Если при этом будет выполняться условие $t_{опт} < t_н$, то принимаем данное решение.

2. Если в результате первого шага будет иметь место $t_{опт} > t_н$, то надо принять $t_{опт} = t_н$ и найти экономическую оценку λ_t, которая определяется из (5.20):

$$\lambda_t = \frac{\beta}{t^2} - \alpha.$$

Определение λ_t и принятие этой оценки в качестве норматива дает возможность при проектировании ВХК оценивать эффективность дополнительных затрат на водоохранные мероприятия.

Допустим, что сравниваются два варианта со следующими показателями

$$З_{с2} > З_{с1},$$

$$t_2 < t_1.$$

Для этих вариантов дополнительные затраты

$$\Delta З_с = З_{с2} - З_{с1},$$

а эффект

$$\Delta t = t_1 - t_2.$$

Дополнительные затраты экономически будут оправданы, если имеет место соотношение

$$\frac{\Delta З_с}{\Delta t} = \frac{З_{с2} - З_{с1}}{t_1 - t_2} \leqslant \lambda_t. \qquad (5.23)$$

Представим полученный результат на графике. В самом общем виде зависимость между уровнем температуры воды в водоеме и

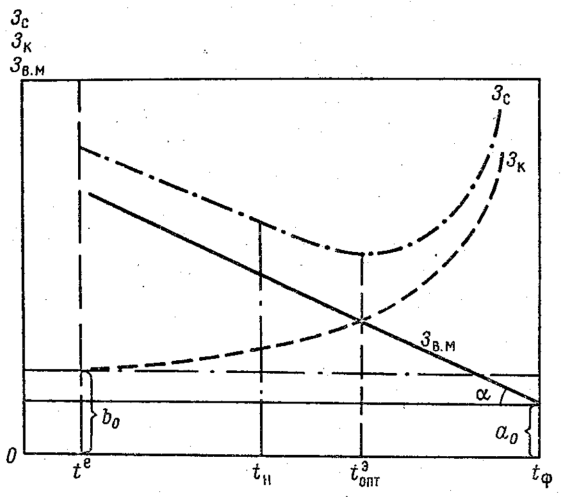


Рис. 5.2. Зависимость затрат на водоохранные и компенсационные мероприятия от уровней температуры воды в водоеме.

суммарными затратами, обусловленными тепловым загрязнением, представлена на рис. 5.2.

Суммарные затраты $З_с$ есть сумма затрат на водоохранные мероприятия $З_{в.м}(t_i) = a_0 + \alpha t_ф$ и затрат на компенсационные мероприятия по восстановлению потребительных стоимостей теряемой продукции и элементов окружающей среды $З_к(t_i) = b_0 + \frac{\beta}{t_ф}$. Затраты $З_{в.м}$ изображаются прямой, причем тангенс угла наклона этой прямой относительно оси абсцисс (температуры воды в водоеме) равен $\frac{\Delta З_{в.м}}{\Delta t_ф} = \alpha$. Затраты $З_к$ изображаются равносторонней гиперболой. Изображение суммарных затрат $З_с = З_{в.м} + З_к$ получаем, суммируя соответствующие ординаты линий затрат $З_{в.м}$ и $З_к$ (см. рис. 5.2).

Из графика ясно, что размер негативных экологических последствий в водоеме увеличивается по мере роста температуры воды и при каком-то значении $t_ф$ возникают необратимые процессы. Это

в свою очередь резко увеличивает затраты на компенсационные мероприятия.

Пусть в результате проведения водоохранных мероприятий, требующих затрат $З_{в.м}(t_i)$, фактическая температура воды уменьшилась на Δt. Тогда степень снижения температуры воды будем характеризовать отношением:

$$\frac{t_ф - \Delta t\ (З_{в.м})}{t_ф} = f\ (З_{в.м}). \qquad (5.24)$$

Из выражения (5.24) следует, что для достижения более высокой степени охлаждения воды требуются и большие затраты.

Достижение естественного уровня температуры воды $t_е$ в настоящее время нереально, так как оно возможно только за счет мероприятий по утилизации всех сбрасываемых подогретых вод. Поэтому уровень температуры воды определяется $t_е+\Delta t$ и оказывается, что минимум функции суммарных затрат $З_с$ находится в точке, абсцисса которой, т. е. $t_е+\Delta t$, равняется абсциссе точки пересечения линий $З_{в.м}$ и $З_к$.

Чтобы доказать это, необходимо приравнять к нулю первую производную суммарных затрат $З_с$ (относительно t):

$$\frac{dЗ_с}{dt} = \alpha - \frac{\beta}{t^2} = 0. \qquad (5.25)$$

Отсюда

$$\alpha = \frac{\beta}{t^2}.$$

Заметим, что α есть предельные затраты на водоохранные мероприятия, а β/t^2 — предельные затраты на компенсационные мероприятия. Это означает, что в точке, в которой суммарные затраты $З_с$ достигают минимума, ордината прямой $З_{в.м}$ и ордината гиперболы $З_к$ равны. Это наблюдение можно формализовать следующим образом: суммарные затраты $З_с$ минимальны для такого значения t, при котором затраты на водоохранные мероприятия равны затратам на компенсационные мероприятия. Иными словами, значение $t^э_{опт}$ оптимально, если сокращение затрат на компенсационные мероприятия равняется росту затрат на водоохранные мероприятия вследствие уменьшения температуры воды в водоеме на один градус.

Точка $t^э_{опт}$ является экономически допустимой температурой воды в водоеме или экономическим оптимумом теплового загрязнения. Предполагается, что, когда уровень экономического оптимума оказывается достигнутым, перспективной задачей становится переход к социальному оптимуму, т. е. к такому уровню температуры воды, при котором обеспечиваются санитарно-гигиенические требования к качеству воды $t_{с.-г} = t_н$. При этом, для некоторых водоемов не исключена возможность соответствия экономического и социального оптимумов.

Достижение температуры воды в водоеме, обусловленное санитарно-гигиеническими требованиями, возможно, но для его выполнения требуются дополнительные затраты на водоохранные мероприятия:

$$\Delta З_{в.м} = З_{в.м}(t_н) - З_{в.м}(t^э_{опт}) - a_0. \quad (5.26)$$

В свою очередь, как видно из графика, затраты на компенсационные мероприятия снижаются на величину

$$\Delta З_к = З_к(t^э_{опт}) - З_к(t_н) - b_0. \quad (5.27)$$

Таким образом, при графической интерпретации данного варианта задачи одним из подходов к оценке экологического эффекта от уменьшения теплового загрязнения водоемов может быть величина $\Delta З_{в.м} - \Delta З_к$. Она показывает затраты сверх $t^э_{опт}$ на поддержание соответствующей температуры в водоеме, обусловленной правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. По содержанию эта разность эквивалентна величине λ_t, которую мы рассматривали при аналитическом решении исследуемой задачи.

Итак, проведенный анализ показывает необходимость всесторонних исследований комплекса водоохранных мероприятий и установления нормативной экономической оценки λ_t.

5.3. Принятие решений в условиях риска

В процессе планирования водоохранной деятельности относительно простой задачей является измерение таких экологических воздействий, причинные связи которых ясны, заранее известны и которые обязательно последуют в результате намеченных мероприятий, т. е. их наступление является функцией (следствием) только запланированных мероприятий. Данный случай характеризуется тем, что выбор решения осуществляется при условии полной однозначности исхода. Практика технико-экономических расчетов, закрепленная в соответствующих методических положениях и инструкциях [109, 179], в основном ориентируется на использование этой детерминированной концепции, которую мы применяем при обосновании водоохранных мероприятий в предыдущих параграфах.

На практике возникает чаще всего ситуация, когда каждому действию по охране водной среды может соответствовать множество исходов. Если эти исходы имеют определенные вероятности их появления, то задача сводится к случаю принятия решений в условиях риска.

Понятие риска определено и описано в естественных науках и математически формализовано [18, 55, 83, 148, 195, 205]. Однако экономика природопользования имеет существенные особенности. Поэтому представляется необходимым уточнение формулировки риска, связанного с хозяйственно-природными факторами.

В различных научных трудах многие авторы рассматривают вопросы планирования природопользования в сочетании с плани-

рованием хозяйственной деятельности предприятий, не уделяя должного внимания учету экономического риска. Отметим, что в большинстве действующих методик, инструкций, нормативных актов этот вопрос не нашел должного отражения. Вместе с тем ряд авторов высказывается о целесообразности и даже обязательности учета элементов риска при принятии решений вовлечения в сферу производства объектов природопользования [48, 76].

Следует отметить, что большинство экономистов в современной теории решений рассматривают в этом случае две ситуации выбора [32, 76], делая различие между понятием «риск» и понятием «неопределенность» в буквальном смысле этого слова. Из ситуаций неопределенности мы называем ситуациями риска такие, в которых может быть оценено наступление неизвестных исходов с определенной степенью вероятности. А ситуации, при которых невозможно установить вероятность проявления различных показателей качества объектов природопользования и предвидеть способы устранения негативных последствий, мы называем ситуациями неопределенности.

Подчеркнем, что отклонение будущего исхода (результата) от заданного может быть связано не только с потерями, но и с дополнительными выгодами, т. е. наряду с риском понести расходы существует вероятность получения дополнительных доходов (прибыли).

Основываясь на изложенных выше основных положениях, особо заметим, что неучитываемый в экономических расчетах фактор хозяйственного риска в сочетании с риском, связанным с природными условиями, является необходимым элементом принятия социальных, экологических и экономических решений. Признание того факта, что запланированный наперед рост водоемкой продукции подвержен влиянию случайных факторов, которые могут задержать наступление ожидаемого исхода или изменить качественную и количественную оценку объектов природопользования, обусловливает проблему измерения риска.

Проанализируем возможности количественного исчисления, т. е. оценки неопределенности и измерения риска, связанных с водохозяйственными решениями и их исходами. Для этого в постановку задачи (5.10)—(5.11), которую мы рассмотрели в п. 5.2, внесем элемент неопределенности. Необходимо найти неотрицательные значения переменных $b_1, b_2, \ldots, b_n$, для которых

$$З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) = \min$$

при условии, что

$$\sum_{i=1}^{n} b_i = B_н.$$

Допустим, что планируется уничтожение загрязняющего вещества B, причем затраты на уничтожение (утилизацию) на i-й

водоохранной установке составляют $З_i(b_i)$. Следовательно, затраты на уничтожение водоохранными установками всего загрязняющего вещества равняются $З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i)$. Функция $З_i(b_i)$ считается известной и предполагается [1] $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} > 0$ и $\frac{\partial^2 З_i}{\partial b_i} > 0$ для $i = 1, 2, \ldots, n$.

Решение задачи рассматриваем на примере теплового загрязнения водоемов при их использовании ТЭС (АЭС). Допустим, что b_i $(i = 1, 2, \ldots, n)$ — расчетный объем тепла циркуляционной воды энергоустановок охлаждаемой на i-м водоохранном сооружении.

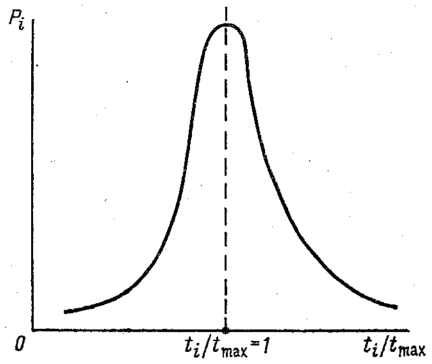


Рис. 5.3. Функция плотности вероятности $P_i = f(t_i/t_{max})$.

Фактический объем тепла циркуляционной воды в зависимости от применяемых водоохранных установок, метеорологических условий, а также от других случайных причин может не равняться расчетному.

Обозначим через t/t_{max} так называемый коэффициент неопределенности, на который следует умножить расчетный объем тепла охлаждаемой циркуляционной воды, чтобы определить фактический. Очевидно, что соотношение t/t_{max} может быть меньше или равно единице в зависимости от t_{max}, которая определяет наиболее высокую температуру воды, подаваемую на i-е водоохранные сооружения. Максимальное значение может быть взято из соответствующих гидрохимических бюллетеней, выпускаемых Государственным гидрологическим институтом.

Таким образом, коэффициент неопределенности t/t_{max} есть случайная переменная, которая принимает различные значения с определенной плотностью вероятности, так как она по сути величина непрерывная. Тогда для каждой случайной переменной t/t_{max} существует определенная и известная функция плотности вероятности $P_i = f(t/t_{max})_i$.

Заметим, что в частном случае случайные переменные t/t_{max} могут характеризоваться нормальным распределением (рис. 5.3).

[1] Эти допущения вытекают из предпосылок, подобных тем, которые были приняты в анализе, проведенном в п. 5.2.

Если в качестве единицы измерения принять среднее значение случайной переменной $(t/t_{\max})_{\text{ср}}$ (т. е. математическое ожидание), которое в случае нормального распределения является в то же время наиболее вероятным значением, то математическое ожидание объема улавливаемого тепла (загрязняющего вещества) на i-й водоохранной установке будет равно

$$M[(t/t_{\max})_i;\ b_i] = b_i \cdot 1 = b_i.$$

Следовательно, используя соответствующие единицы измерения, т. е. принимая, что $M(t/t_{\max})_i = 1$, можно показать, что плановый объем уничтожаемого (утилизируемого) избыточного тепла равняется ожидаемому $M[(t/t_{\max})_i;\ b_i]$. При известном математическом ожидании случайной переменной величины $M(t/t_{\max})_i$ и ее дисперсии σ_i^2 можно определить функцию плотности вероятности данной случайной переменной величины.

Рассмотрим случай, когда фактический объем улавливаемого n водоохранными установками загрязняющего вещества $\sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i$ не может обеспечить запланированный объем, равный $B_{\text{н}}$. Здесь сброс загрязняющего вещества в водоем обусловливает превышение нормативных показателей качества воды, что приводит, как было выяснено ранее, к потерям продукции или к ухудшению ее потребительских свойств. Нехватка запланированного объема продукции по водохозяйственному комплексу может быть покрыта в результате проведения компенсационных мероприятий, экономическая оценка которых составит:

$$З_{\text{к}} = з_{\text{к}} \left[B_{\text{н}} - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i \right], \qquad (5.28)$$

где $з_{\text{к}}$ — экономическая оценка компенсационных мероприятий на единицу загрязняющего вещества.

Таким образом, рассматриваемая задача несколько модифицировалась. Ее сущность заключается в отыскании такого плана распределения объема уничтожаемого (утилизируемого) загрязняющего вещества при нехватке мощности водоохранных мероприятий, при котором суммарные затраты на водоохранные установки и на компенсационные мероприятия будут минимальными.

Постановка задачи сводится к определению таких объектов уничтожаемого вещества по отдельным водоохранным установкам $b_1, b_2, \ldots, b_n$, чтобы

$$З_{\text{с}} = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) + з_{\text{к}} \left[B_{\text{н}} - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i \right] = \min. \qquad (5.29)$$

Следует заметить, что если в планируемом периоде $B_{\text{н}} > \sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i$, то в этом случае избыток экологической емкости

водоема можно рассматривать как резерв для дополнительного размещения энергетических и подобных им установок (модификация данной задачи и ее решение рассматриваются ниже).

Для решения исследуемой задачи дифференцируем выражение (5.29) относительно переменных $b_1, b_2, \ldots, b_n$ и находим условия, которые должны выполняться, чтобы суммарные затраты $З_с = \min$. Эти условия таковы:

$$\frac{\partial З_с}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial b_i} - з_к (t/t_{max})_i = 0. \qquad (5.30)$$

Из выражения (5.30) получим условие оптимальности:

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} = з_к (t/t_{max})_i. \qquad (5.31)$$

Из (5.31) следует, что распределение объемов уничтожаемого (утилизируемого) вещества по водоохранным установкам оптимально, если предельные затраты на их обезвреживание для каждой установки равняются удельным приведенным затратам на компенсацию потерянной продукции $з_к$, умноженным на коэффициенты неопределенности.

Однако уравнением (5.31) в практике пользоваться невозможно, так как не известны коэффициенты неопределенности. Если же предположить, что значения коэффициентов неопределенности $(t/t_{max})_i$ равняются их математическому ожиданию, которое, как было доказано ранее, может равняться единице, то условие (5.31) будет означать, что план уничтожения загрязняющего вещества следует составлять таким образом, чтобы предельные затраты на создание водоохранных установок были бы равны удельным приведенным затратам на компенсацию потерянной продукции $з_к$.

Условие (5.31) по существу означает, что удельные приведенные затраты на компенсационные мероприятия по восстановлению потребительных стоимостей продукции ВХК определяют оптимальные затраты в водоохранные мероприятия. Отсюда следует, что для борьбы с различными видами загрязнения водоемов необходимо проектировать столько водоохранных сооружений, чтобы их суммарные предельные затраты были бы равны $з_к$. Однако в рассмотренном случае объем загрязняющего вещества может превышать возможности его уничтожения водоохранными установками.

Для решения задачи достижения регламентированных (нормативных) показателей качества природной среды [152] рассмотрим следующее дополнение к рассмотренному выше варианту: нехватка мощности водоохранных сооружений, равная $B_н - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{max})_i b_i$, покрывается за счет замыкающих водоохранных установок. В этом случае задача состоит в минимизации суммарных затрат $З_с$, при-

чем должно строго выполняться следующее дополнительное ограничение:

$$\sum_{i=1}^{n} b_i (t/t_{\max})_i = B_{i\text{н}}, \tag{5.32}$$

которое означает, что общий объем улавливаемого (утилизируемого) загрязняющего вещества должен равняться заранее определенному объему $B_{\text{н}}$. Сформулированную в таком виде задачу можно решить методом множителей Лагранжа. Здесь функция Лагранжа записывается так:

$$З_{\text{с}} = \sum_{i=1}^{n} З_i (b_i) + з_{\text{к}} \left[B_{\text{н}} - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i \right] + \\ + \lambda_{\text{в}} \left[B_{\text{н}} - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i b_i \right]. \tag{5.33}$$

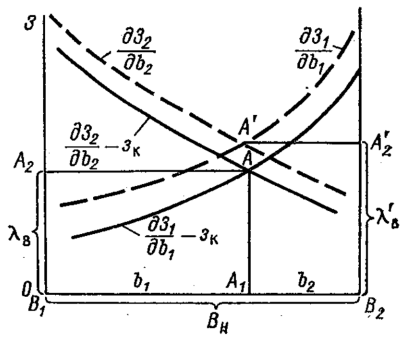


Рис. 5.4. Зависимость $\lambda_{\text{в}} = f(B_{\text{н}})$.

Дифференцируя эту функцию относительно b_i и принимая в дальнейшем, что коэффициенты неопределенности $(t/t_{\max})_i = M(t/t_{\max})_i = 1$, найдем условия, которые должны выполняться, чтобы $З_{\text{с}} = \min$. Имеем

$$\frac{\partial З_{\text{с}}}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial b_i} - з_{\text{к}} - \lambda_{\text{в}} = 0$$

или

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} = з_{\text{к}} + \lambda_{\text{в}}. \tag{5.34}$$

Таким образом, во втором варианте удельные приведенные затраты на компенсационные мероприятия $з_{\text{к}}$ как бы повышаются на значение $\lambda_{\text{в}}$, которое соответствует дополнительным затратам, необходимым для достижения регламентируемых показателей качества природной среды.

Опишем графическое решение второго варианта задачи для случая двух водоохранных установок. На рис. 5.4 отрезок B_1B_2 показывает плановый объем уничтожаемого загрязняющего вещества $B_{\text{н}}$. Объем уничтожаемого вещества на первой водоохранной

установке отложен от точки B_1 вправо, а на второй водоохранной установке от точки B_2 влево.

Чтобы найти графическое решение второго варианта задачи следует вычертить зависимости $\frac{\partial З_1}{\partial b_1} - з_к$ и $\frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к$. Проекция точки A пересечения этих линий на прямой B_1B_2 даст оптимальное распределение общего объема уничтожаемого вещества $B_н$ между первой и второй водоохранными установками.

Величина $\lambda_в$ дается отрезком B_1A_2, равным ординате точки A. Заметим, что при невыполнении дополнительного ограничения (5.32) точка A располагается все выше, а следовательно, возрастает и $\lambda_в = B_2A_2'$. Таким образом, мы еще раз убеждаемся, что значение $\lambda_в$ зависит от общей потребности планового уничтожения вещества $B_н$: чем больше $B_н$, тем больше $\lambda_в$.

При выборе варианта размещения энергетических и водохозяйственных установок существует определенное нежелание идти на риск; оно обусловливает исключение из проектных проработок водоемов и водотоков с большими колебаниями показателей качества воды в различные периоды года, ибо вероятный дефицит экологической емкости таких объектов природопользования может привести к потерям, превышающим выгоды в благоприятные периоды.

Из сказанного следует, что при разработке оптимальной водоохранной деятельности нас должны интересовать не только математические ожидания случайных переменных, входящих в рассмотренные постановки задач, но и значение их дисперсий σ_i^2, которое, как известно, есть мера колебаний случайной величины и в то же время мера риска, с которой приходится считаться при принятии решения.

Теперь рассмотрим постановку и решение аналогичной задачи при жестко заданных значениях допустимого риска. Для этого задачу оптимального распределения суммарного объема уничтожаемого вещества между n водоохранными установками сформулируем следующим образом: найти такие неотрицательные значения $b_1, b_2, \ldots, b_n$, чтобы суммарные затраты на водоохранные и компенсационные мероприятия были минимальны. Математически это можно записать следующим образом:

$$З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) + з_к \left[B_н - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{max})_i b_i \right] = \min, \qquad (5.35)$$

причем должны выполняться ограничивающие условия:

$$\sum_{i=1}^{n} (t/t_{max})_i b_i = B_н, \qquad (5.36)$$

$$\sum_{i=1}^{n} b_i^2 \sigma_i^2 < Z. \qquad (5.37)$$

Условие (5.37) означает, что дисперсия неуничтоженного объема загрязняющего вещества по всем водоохранным установкам не превосходит заранее фиксированного значения Z, являющегося пределом риска, на который можно пойти при планировании водоохранной деятельности. Условие (5.37), записанное в виде неравенства, может быть заменено уравнением, как это вытекает из общей задачи программирования [95]:

$$\sum_{i=1}^{n} b_i^2 \sigma_i^2 = Z. \tag{5.38}$$

На основе (5.35)—(5.37) составим функцию Лагранжа и применим метод разрешающих множителей:

$$З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) + з_к \left[B_н - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{max})_i b_i \right] +$$

$$+ \lambda_в \left[B_н - \sum_{i=1}^{n} (t/t_{max})_i b_i + \lambda_R \left(\sum_{i=1}^{n} b_i^2 \sigma_i^2 - Z \right) \right].$$

Дифференцируя эту функцию относительно $b_1, b_2, \ldots, b_n$ и предполагая, как и ранее, что $M(t/t_{max})_i = 1$, определяем условия, которые должны выполняться для того, чтобы $З_с = \min$. Эти условия таковы:

$$\frac{\partial З_с}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial b_i} - з_к - \lambda_в + 2\lambda_R b_i \sigma_i^2 = 0,$$

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} - з_к = \lambda_в - 2\lambda_R b_i \sigma_i^2. \tag{5.39}$$

Уравнения (5.39), число которых равняется n, и дополнительные условия (5.36) и (5.37) дают возможность определить $n+2$ переменных $b_1, b_2, \ldots, b_n$, а также $\lambda_в$ и λ_R. Величина этих переменных зависит от значения Z.

Рассмотрим экономический смысл условий (5.39). Выражение $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} - з_к$, т. е. разность между предельными затратами на уничтожение загрязняющего вещества и удельными приведенными затратами на компенсационные мероприятия можно назвать чистыми предельными затратами на водоохранную деятельность.

Если в планировании распределения объема уничтожаемого загрязняющего вещества не имеет места проблема риска, то, как было показано ранее, оптимальное распределение этого объема по отдельным водоохранным установкам должно быть таким, чтобы чистые предельные затраты были одинаковыми, т. е.

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} = з_к + \lambda_в.$$

В случае, если в планировании распределения объема уничтожаемого загрязняющего вещества имеет место проблема риска,

который задается жестко лимитируемым значением, чистые предельные затраты равняются разности положительной величины $\lambda_в$ (появляющейся как результат сохранения водных ресурсов от истощения) и величины $2\lambda_R\sigma_i^2 b_i$. Эта последняя величина пропорциональна дисперсии коэффициента неопределенности $(t/t_{\max})_i$.

Покажем графическое решение задачи при наличии двух водоохранных сооружений.

На рис. 5.5 (построен аналогично рис. 5.4) отрезок B_1B_2 определяет общий объем уничтожаемого вещества B. Линии (*1* и *2*)

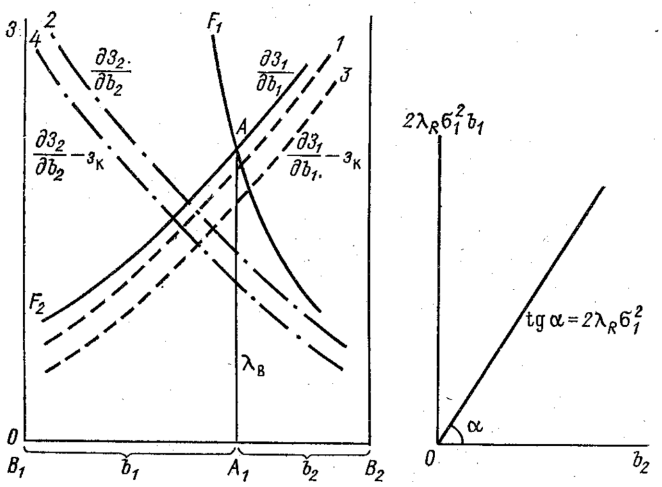


Рис. 5.5. Определение чистых предельных затрат в условиях риска.

Рис. 5.6. Функция $2\lambda_R\sigma_1^2 b_1$.

изображают предельные отрезки $\frac{\partial З^1}{\partial b_1}$ и $\frac{\partial З_2}{\partial b_2}$, а линии *3* и *4*, смещенные вниз относительно линии *1* и *2* на $з_к$, изображают функции $\frac{\partial З_1}{\partial b_1} - з_к$ и $\frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к$. Линии F_1 и F_2 являются изображением функции $\frac{\partial З_1}{\partial b_1} - з_к + 2\lambda_R\sigma_1^2 b_1$ и $\frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к + 2\lambda_R \times \times\sigma_2^2 b_2$ соответственно. Для того чтобы построить линию, соответствующую функции $\frac{\partial З_1}{\partial b_1} - з_к + 2\lambda_R\sigma_1^2 b_1$, построим изображение функции $2\lambda_R\sigma_1^2 b_1$ (рис. 5.6), которая будет прямой, проходящей через начало координат под таким углом α к положительному направлению оси абсцисс, для которого $\operatorname{tg}\alpha = 2\lambda_R\sigma_1^2$. Суммируя со-

ответствующие ординаты функций $\frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к$ и $2\lambda_R\sigma_1^2$, находим линию F_1. Аналогично получаем изображение функции $\frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к + 2\lambda_R\sigma_2^2 b_2$, т. е. линию F_2.

Следует заметить, что если b_1, т. е. плановый объем уничтожаемого вещества на первом водоохранном сооружении возрастает, то угол вспомогательной прямой с осью абсцисс на рис. 5.7 увеличивается, а линия F_1 становится более крутой. Так же обстоит дело и с линией F_2.

Проекция точки A (см. рис. 5.5) пересечения линий F_1 и F_2 на прямую B_1 и B_2, т. е. точка A_1, дает оптимальное распределение планового объема уничтожаемого загрязняющего вещества между первым ($b_1 = B_1A_1$) и вторым ($b_2 = B_2A_1$) водоохранными сооружениями. Это подтверждается тем, что для значений b_1 и b_2 справедливо условие (5.39) оптимальности водоохранной деятельности:

$$\frac{\partial З_1}{\partial b_1} - з_к + 2\lambda_R\sigma_1^2 b_1 = \frac{\partial З_2}{\partial b_2} - з_к + 2\lambda_R\sigma_2^2 b_2 = \lambda_в.$$

Значение коэффициента $\lambda_в$ дается ординатной точки A, т. е. отрезком AA_1.

Рассмотрим другие варианты задачи планирования водоохранной деятельности в условиях риска. Предположим, например, что для предотвращения теплового загрязнения водоемов построены пиковые градирни и брызгальные бассейны. Затраты на пиковые градирни превышают затраты на брызгальные установки. Поэтому брызгальных установок проектируется столько, чтобы их мощность предотвращала тепловое загрязнение водоемов. Если в какой-то период времени года (июль—август месяц) брызгальные установки не справляются с ликвидацией излишнего для водоемов тепла, то в действие вводится соответствующее количество пиковых градирен. В этом случае действительно можно говорить о дополнительных затратах, возникающих в связи с ликвидацией избыточного количества тепла.

Иное положение складывается, если резервных пиковых градирен нет или их мощности являются недостаточными. Тогда при отсутствии возможности покрыть избыток тепла по условиям правил охраны поверхностных вод от загрязнения необходимо уменьшить мощность электростанций, что вызовет остановку части производственных предприятий.

Как подойти при таких обстоятельствах к решению задачи планирования водоохранной деятельности? Используя те же обозначения, что и ранее, рассматриваемую задачу сформулируем следующим образом: распределить объем уничтожаемого загрязняющего вещества по водоохранным установкам таким образом, чтобы суммарные затраты были минимальны

$$З_с = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) = \min, \qquad (5.40)$$

причем должны выполняться следующие балансовые зависимости:

$$\sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i \, b_i = B_{\text{н}}, \tag{5.41}$$

$$P\left(\sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i \, b_i > B_{\text{н}}\right) \leqslant q. \tag{5.42}$$

Согласно балансовому уравнению (5.41), объем уничтожаемого загрязняющего вещества должен соответствовать нормативному значению. Балансовая зависимость (5.42) означает, что вероятность P возникновения избыточного теплового загрязнения воды, а следовательно, вероятность хозяйственных трудностей (или в экстремальном случае экологической катастрофы) не может превышать некоторого, заранее установленного значения q, равного, например, 0,05 (или 5 %). Величина q называется коэффициентом риска. Вместо этого коэффициента можно использовать вероятность противоположного события и назвать коэффициентом обеспеченности защиты водоемов и водотоков от загрязнения. Обозначив коэффициент обеспеченности через p, а коэффициент риска через q, получим вероятность полного события $p+q=1$.

Поставленную в такой формулировке задачу вновь решаем методом множителей Лагранжа, для чего предварительно неравенство (5.42) заменяем равенством. Тогда функция Лагранжа примет следующий вид:

$$З_{\text{с}} = \sum_{i=1}^{n} З_i(b_i) - \lambda_{\text{в}}\left[\sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i \, b_i - B_{\text{н}}\right] -$$

$$- \lambda_q\left[P\left(\sum_{i=1}^{n} (t/t_{\max})_i \, b_i > B_{\text{н}}\right) - q\right] = \min. \tag{5.43}$$

Исчисляя частные производные функции $З_{\text{с}}$ и приравнивая их к нулю, имеем

$$\frac{\partial З_{\text{с}}}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial b_i} - \lambda_{\text{в}} - \lambda_q \frac{\partial P}{\partial b_i} = 0$$

или

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} - \lambda_q \frac{\partial P}{\partial b_i} = \lambda_{\text{в}}. \tag{5.44}$$

Условие (5.44) означает что распределение объемов уничтожаемого вещества между отдельными водоохранными установками оптимально, если разности между предельными затратами $\frac{\partial З_i}{\partial b_i}$ на каждую установку и произведением $\lambda_q \frac{\partial P}{\partial b_i}$ одинаковы.

Частную производную вероятности возникновения избыточного теплового загрязнения водоема относительно запланированного

объема уничтожаемого загрязняющего вещества на i-й водоохранной установке назовем предельной вероятностью для данной установки. Из определения предельной вероятности следует: $\frac{\partial P}{\partial b_i} < 0$ для $i = 1, 2, \ldots, n$. В самом деле, чем больше планируется объем уничтожаемого вещества b_i, тем меньше вероятность P возникновения избыточного загрязнения; следовательно, когда b_i возрастает, P уменьшается, и наоборот.

Если бы задача не требовала введения условия (5.42), то, как было показано выше, распределение объемов уничтожаемого загрязняющего вещества между водоохранными установками оптимально в том случае, если предельные затраты на уничтожение для всех водоохранных установок одинаковы. Но наличие ограничения (5.42) вызывает необходимость определенной корректировки решения задачи; эта корректировка зависит от предельной вероятности возникновения избыточного загрязнения.

Таким образом, при наличии ограничения (5.42) распределение объемов уничтожаемого вещества между водоохранными установками оптимально лишь в том случае, если чистые предельные затраты $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} - \lambda_q \frac{\partial P}{\partial b_i}$ на всех водоохранных установках одинаковы. Если не учитывать условие (5.41), то условие оптимальности запишется следующим образом:

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} = \lambda_q \frac{\partial P}{\partial b_i} \quad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{5.45}$$

Отсюда $\lambda_q < 0$, так как $\frac{\partial З_i}{\partial b_i} > 0$, а $\frac{\partial P}{\partial b_i} < 0$. Условие (5.45) можно записать в следующем виде:

$$\frac{\partial З_i}{\partial b_i} : \frac{\partial P}{\partial b_i} = \frac{\partial З_i}{\partial P} = \lambda_q \tag{5.46}$$

откуда следует, что структура водоохранных установок оптимальна в том случае, если соотношение между предельными затратами на уничтожение загрязняющего вещества и предельной вероятностью возникновения избыточного загрязнения одинаково для каждой водоохранной установки.

Формула (5.46) поясняет экономический смысл коэффициента λ_q. Этот коэффициент определяет предельные затраты на единицу предельной вероятности уничтожения загрязняющего вещества для i-й водоохранной установки.

Из проведенного анализа следует, что существуют различные способы формализации и решения задач выбора оптимальной структуры водоохранных установок в условиях риска. Во-первых, можно вводить условие, устанавливающее верхний предел риска возникновения избыточного загрязнения в виде дисперсии; во-вторых,— основываться на верхнем пределе вероятности возникновения

избыточного загрязнения. Этот последний способ реализуется методом предельных вероятностей, использование которого связано с серьезными трудностями, обусловленными необходимостью построения функции вероятности возникновения избыточного загрязнения. Описание методов построения такой функции изложено в работах [95, 196].

Так как выбор решений при риске предполагает, что экономические показатели могут иметь сильные вариации, т. е. определяться не в виде точечных оценок, а в некотором диапазоне, то для окончательного вывода об экономической целесообразности необходимо обратиться к методам выбора решений в условиях неопределенности.

5.4. Принятие решений в условиях неопределенности

Для обоснования водоохранных мероприятий в условиях неопределенности необходимо сформировать достаточно представительное сочетание технико-экономических показателей, например, по защите водохранилища от загрязнения и социально-экономических последствий в результате его эксплуатации [57].

При учете неопределенности исходной информации экономической характеристикой каждого i-го полученного решения является не единственная величина суммарных приведенных затрат $З_i$, а вектор $З_{ij}$, составляющими которого являются приведенные затраты на водоохранные мероприятия $З_{\text{в. м}ij}$, и экономическая оценка последствий загрязнения $У_{ij}$ для каждого j-го сочетания исходных условий. Совокупность векторов $З_{ij}$ для всех полученных решений даст так называемую платежную матрицу — основу оптимизационных расчетов с учетом неопределенности исходной информации.

Процедуру принятия решения в условиях неполноты информации о возможных значениях показателей качества воды, например ее температур, определяющих уровень оценки последствий (ущерба), можно интерпретировать в терминах «игры с природой», где состояниями природы являются возможные комбинации параметров, определяющих значения экономических оценок загрязнения, а стратегиями принимающего решения — возможные варианты водоохранных мероприятий.

Каждой стратегии $A_1, \ldots, A_i, \ldots, A_m$ в зависимости от возможных состояний $B_1, \ldots, B_j, \ldots, B_n$ соответствует вектор затрат $З_{ij}$, совокупность которых образует платежную матрицу:

$$З = [З_{ij}], \quad i = \overline{1,\ m}; \quad j = \overline{1,\ n}. \tag{5.47}$$

На основе матрицы (5.47) должна быть выбрана оптимальная стратегия. Для нахождения оптимальной стратегии необходимо рассмотреть принципы построения (5.47). Прежде всего сформулируем возможные состояния. Допустим, что они будут определяться

значениями температур, равными 28 и 33 °С, которые характеризуют размеры ущерба и возможные вариации затрат на водоохранные мероприятия. В этом случае ущерб и затраты оцениваются на двух уровнях и, следовательно, число возможных состояний будет равно четырем:

B_1 — минимальный ущерб и минимальные затраты;

B_2 — минимальный ущерб и максимальные затраты;

B_3 — максимальный ущерб и минимальные затраты;

B_4 — максимальный ущерб и максимальные затраты.

Альтернативные варианты (стратегии) могут быть следующими:

A_1 — решение не предусматривает водоохранных мероприятий;

A_2 — решение предполагает снижение температуры воды в водохранилище путем использования пиковой градирни;

A_3 — решение, которое предусматривает включение водоохранных мероприятий только утилизирующего характера.

Для построения платежной матрицы сначала определяют по каждому мероприятию затраты $З_{в.м_{ij}}$ и экономическую оценку последствий теплового загрязнения $У_{к_{ij}}$ для температур 28 и 33 °С. Составляющие экономической оценки последствий определяются по алгоритму, изложенному в п. 3.2.5.

Расчеты производятся для каждого варианта мероприятий (стратегий) по заданным значениям температуры, результаты которых целесообразно свести во вспомогательную таблицу (табл. 5.1) с последующим преобразованием в платежную матрицу. Для выбора оптимального решения построим платежную матрицу (табл. 5.2) $З_{ij}$, используя данные табл. 5.1. Размер матрицы

Таблица 5.1

Затраты и ущерб по вариантам водоохранных мероприятий

Стратегия	28 °С		33 °С	
	1	2	3	4
A_1	$У_{к\,11}$	$З_{в.м\,12}$	$У_{к\,13}$	$З_{в.м\,14}$
A_2	$У_{к\,21}$	$З_{в.м\,22}$	$У_{к\,23}$	$З_{в.м\,24}$
A_3	$У_{к\,31}$	$З_{в.м\,32}$	$У_{к\,33}$	$З_{в.м\,34}$

Таблица 5.2

Платежная матрица

Стратегия A_i	Состояние B_j			
	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	$З_{11}$	$З_{12}$	$З_{13}$	$З_{14}$
A_2	$З_{21}$	$З_{22}$	$З_{23}$	$З_{24}$
A_3	$З_{31}$	$З_{32}$	$З_{33}$	$З_{34}$

может быть сколь угодно большим в зависимости от числа вариантов и рассматриваемых состояний.

Прежде чем перейти к выбору решений, необходимо на основе платежной матрицы проанализировать отношения доминирования. Допустим, что все элементы стратегии A_m будут больше или равны элементам A_i. В этом случае строка m будет доминировать над строкой i, поскольку при любых состояниях природы затраты варианта A_m будут иметь бóльшие значения. Отсюда следует, что можно исключить из рассмотрения строку m. Проведение такого анализа для всей матрицы позволяет сократить количество возможных вариантов, а значит, уменьшить размер матрицы.

Для выбора стратегий современная теория решений предлагает различные критерии:

1. Критерий минимума средних затрат исходит из условия равновероятности появления состояний, указанных в платежной матрице. Для реализации этого принципа по каждой стратегии определяют средние затраты

$$\overline{З}_i = \frac{1}{n} \sum_j З_{ij}, \tag{5.48}$$

а затем из значений (5.48) выбирается наименьшее

$$\min_i (\overline{З}_i).$$

2. Критерий минимакса затрат ориентирует на выбор лучшего из неудачных решений, т. е. при наихудшем состоянии природы позволяет выбрать наиболее благоприятные решения. Математически этот принцип можно описать следующим образом:

для каждой стратегии A_i выбираем элемент по условию

$$З_i = \max_j (З_{ij}), \tag{5.49}$$

затем из максимальных значений затрат (5.49) определяем

$$\min_i З_i = \min_i \max_j (З_{ij}). \tag{5.50}$$

3. Критерий минимальных потерь (минимаксного сожаления) основан на следующем преобразовании платежной матрицы. По каждому столбцу (состоянию) находят элемент с наименьшими затратами, а затем эти затраты вычитают из затрат других строк этого столбца:

$$\Delta З_{ij} = З_{ij} - \min_i З_{ij}. \tag{5.51}$$

Таким образом, условие (5.51) означает возможные потери при отказе от оптимального варианта при наступлении вполне определенного состояния. Проведя эту процедуру для всех столбцов

исходной матрицы, получим матрицу потерь, на основе которой находим решение по условию:

$$\min_i \max_j (\Delta З_{ij}). \tag{5.52}$$

4. Критерий минимума вариаций затрат учитывает чувствительность вариантов к действию неопределенных факторов (состояний). В качестве меры вариаций можно принять среднеквадратичное отклонение (если число состояний достаточно велико):

$$З_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_i (З_{ij} - \bar{З}_i)^2}, \tag{5.53}$$

а затем из полученных таким образом оценок выбрать

$$\min_i З_i. \tag{5.54}$$

Можно использовать более простой показатель

$$\Delta З_i = \max (З_{ij}) - \min (З_{ij}),$$

а затем выбрать

$$\min (\Delta З_i). \tag{5.55}$$

Особенность решения задач в условиях неопределенности состоит в том, что рассмотренные критерии (5.48), (5.50), (5.52), (5.54), (5.55) равнозначны и выбор того или иного из них не регламентирован.

В общем случае задачу можно решить, используя принцип максимального числа критериев, определяющих одну и ту же оптимальную стратегию. Все перечисленные критерии могут указывать на разные стратегии, не разрешая неопределенности. В этом случае возникает задача согласования критериев. Для ее решения используется принцип последовательного формирования оптимальных стратегий, суть которого сводится к тому, что из общего числа вариантов отбираются оптимальные по каждому из рассматриваемых критериев и на их основе формируется новая матрица. По ней вновь осуществляется выбор оптимального решения.

Рассмотренные выше методические положения дополним численным примером. Пусть анализируемая ситуация характеризуется тремя вышеназванными вариантами стратегии и соответствующими им вариантами исходов, затраты по которым представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Стратегия A_i	Исход B_j			
	B_1	B_2	B_3	B_4
A_1	70	100	90	120
A_2	50	90	70	110
A_3	60	120	80	140

Преобразуем эту матрицу в матрицу стратегии — критерии (табл. 5.4), используя критерии (5.48)—(5.55). Из анализа полученной матрицы видно, что только третья стратегия должна быть исключена, ибо на нее не указывает ни один критерий. В то же

Таблица 5.4

Стратегия A_i	Критерий R_i			
	R_1	R_2	R_3	R_4
A_1	95	120	20	21
A_2	80	110	0	26
A_3	100	140	30	36
Оптимальная стратегия	80	110	0	21

время второй вариант стратегии является оптимальным по трем критериям: средних затрат, минимаксных затрат, минимаксных потерь; по критерию минимума среднеквадратичного отклонения затрат преимущество остается за первым вариантом стратегии. Современная наука не дает ответа о предпочтительности того или иного критерия. Поэтому выбор стратегии A_2 по абсолютному большинству выпавших на нее критериев был бы неправилен. В реальных задачах решения должны выбираться в чистых стратегиях; для этого необходимо на основе матрицы A—R построить матрицу потерь. Применяя к ней критерии минимакса потерь, можно получить однозначный вывод относительно лучшей стратегии действия. Для нашего примера эту процедуру можно представить в виде табл. 5.5.

Таблица 5.5

Стратегия A_i	Критерий R_i				Максимальные потери
	R_1	R_2	R_3	R_4	
A_1	15	10	20	0	20
A_2	0	0	0	5	5
Оптимальная стратегия A_2					5

Таким образом, вариант A_2 является оптимальным по критерию 4; он обеспечивает меньшие потери.

Рассмотренный подход к экономическому обоснованию водоохранных мероприятий с учетом особенностей взаимодействия энергоустановок и водохранилища, когда пересекаются интересы энергетики, водного и рыбного хозяйства, биологии и сельского хозяйства, был реализован на Змиевской ГРЭС. Оказалось, что даже

при очень осторожных оценках ущерба от тепловых сбросов ГРЭС для защиты водохранилища необходимо строительство пиковой градирни.

5.5. Оптимальное планирование водоохранной деятельности и нормативы эффективности

Основная задача планирования водоохранной деятельности заключается в определении оптимальных путей ее развития, установлении такой совокупности водоохранных мероприятий, с помощью которых обеспечиваются: полное и надежное удовлетворение всех водопотребителей и водопользователей в воде необходимого качества; выполнение плановых объемов производства продукции при минимальных затратах общественного труда на проведение природоохранных мероприятий. Поэтому одним из условий развития производственно-хозяйственной деятельности является проектирование и внедрение природоохранной техники и технологии. Это условие определяет в рамках исследуемой задачи необходимость всестороннего технико-экономического обоснования водоохранных мероприятий или их комбинаций с учетом производственных и экологических ограничений.

Данное условие реализуется в результате решения многоцелевой задачи, которая включает: а) определение наиболее эффективных направлений вложений средств в охрану водотоков и водоемов; б) установление очередности (по степени вредности ингредиентов загрязнения) внедрения защитных мероприятий; в) экономическое обоснование взаимозаменяемости водоохранных мероприятий.

Решение задачи позволит из всей совокупности мероприятий отобрать те, реализация которых обеспечит наиболее благоприятное экологическое состояние водотоков и водоемов при минимальных народнохозяйственных затратах. Однако задача не имеет однозначного решения, что значительно затрудняет выбор структуры водоохранных мероприятий. Это объясняется прежде всего тем, что совокупные затраты на мероприятия являются функцией от производительности водоохранных сооружений, которая в конкретных случаях может описываться либо линейными, либо нелинейными зависимостями.

Для решения задачи целесообразно использовать методы математического моделирования и системного анализа [141, 196]. Только при таком подходе обеспечивается ее решение и корректность определения эффективности средств на охрану водных ресурсов. Этим и объясняется большой интерес, проявляемый к вышеназванным методам оптимизации как у нас в стране, так и за рубежом.

Исследованию задач оптимизации водоохранных мероприятий посвящены известные работы И. И. Мечитова и М. И. Гершковича [114], А. К. Кузина и С. А. Станишевского [80], Г. П. Кумсиашвили и И. Д. Родзиллера [81, 82], Е. П. Ушакова [133, 176] и

других авторов. В них рассматриваются постановочные, теоретические и методологические вопросы оптимизации водоохранных мероприятий для части или всего бассейна водотока. Разделяя основные положения и выводы этих работ о необходимости поиска оптимального состояния системы экономика — водный объект, авторы основное внимание уделяют вопросам экономического обоснования водоохранных мероприятий, в частности определению нормативов эффективности и приведению сравниваемых вариантов в сопоставимый вид при формировании и развитии водохозяйственных и энергобиологических комплексов.

Ниже предлагаются методы решения задач оптимизации водоохранных мероприятий, использование которых, по мнению авторов, позволит объективно оценивать и учитывать взаимосвязь экономики и экологии при производственно-хозяйственном освоении водотоков и водоемов.

Как известно, основы водного законодательства предусматривают выполнение нормативных требований на качество воды в контрольных створах непосредственно в реке, в отдельных зонах водохранилища и не регламентируют предельно допустимые сбросы загрязняющих веществ и тепла отдельным водопотребителям и водопользователям. Поэтому возникает необходимость увязки этих нормативных требований с предельно допустимыми сбросами отработанной воды в водоемы. Задача сводится к экономическому анализу стратегий формирования структуры водоохранных мероприятий при следующих условиях: суммарное загрязнение воды в водоемах не должно превышать допустимых значений, фактический объем производства продукции и оказание услуг не должен быть меньше заданного. При этом из всего многообразия возможных альтернатив водоохранных мероприятий необходимо выбрать такие, при которых суммарные затраты на их осуществление окажутся минимальными.

В рассматриваемом случае будем считать, что структуру водоохранных мероприятий характеризуют следующие переменные и зависимости:

а) структура затрат на водоохранные мероприятия определяется функцией удельных приведенных затрат на сооружения $з_{ij}$ и расходов сбросной (загрязненной) воды установок x_{ij} (где j — номер группы водоохранных мероприятий, i — порядковый номер мероприятия в j-й группе);

б) водоохранная функция $Q(x_{ij})$ характеризуется количеством загрязняющего вещества, приносимого сбросной водой, которое не должно превышать предельно допустимых значений;

в) производственная функция промышленных установок $W(x_{ij})$ определяется заданным объемом производства продукции.

С математической точки зрения задача формируется как оптимизационная: требуется найти структуру водоохранных мероприятий, обеспечивающих минимум совокупных затрат

$$З = З_0 + \sum_{i,\ j} з_{ij}(x_{ij}) \Rightarrow \min. \qquad (5.56)$$

Запишем ограничения задачи, при которых она должна быть решена: непревышение ПДС загрязняющего вещества в водоем

$$\sum_{i,j} q_{ij}x_{ij} \leqslant Q_{\text{н}}; \tag{5.57}$$

баланс заданного уровня производства продукции

$$\sum_{i,j} a_{ij}x_{ij} \geqslant W, \tag{5.58}$$

где $З_0$ — сумма постоянных приведенных затрат на водоохранные сооружения, не зависящих от x_{ij}; $з_{ij}$ — удельные приведенные затраты на i-е водоохранное сооружение (мероприятие) j-й группы; q_{ij}, a_{ij} — удельный выход загрязняющего вещества и продукции на единицу расхода сбросной воды, направляемой на i-е водоохранные мероприятия j-й группы.

Выбор метода решения задачи, как указывается в [83], зависит от вида целевой функции и ее ограничений. Рассмотрим два варианта задачи: 1) задача нелинейного программирования (целевая функция нелинейна, ограничения — линейные функции); 2) задача линейного программирования (целевая функция и ограничения выражены линейными функциями).

В задачах на экстремум используют методы нелинейного программирования в тех случаях, когда целевая функция нелинейна. Допустим, что функция затрат (5.56) нелинейна и дифференцируема, тогда в данной задаче возможно применение классического метода множителей Лагранжа. Предположим, что частные функции, входящие в (5.56), непрерывны и дифференцируемы, а зависимости выбраны так, что выполняются достаточные условия минимума. Следует заметить, что в реальных условиях формирования структур водоохранных мероприятий имеют место более жесткие условия. Они не допускают непрерывной замены одних выходов другими. Но ставя целью изложить научные основы выбора решений, воспользуемся все же аппаратом классической теории [83, 196].

Для минимизации совокупных затрат (5.56) при заданных ограничениях составим функцию Лагранжа:

$$\Phi = З_0 + \sum_{i,j} з_{ij}(x_{ij}) + \lambda\left[Q_{\text{н}} - \sum_{i,j} q_{ij}x_{ij}\right] - \mu\left[W - \sum_{i,j} a_{ij}x_{ij}\right]. \tag{5.59}$$

Управляемыми переменными являются входы x_{ij}. Исследуем функцию с помощью частных производных и получим необходимые условия минимума. Для этого продифференцируем функцию Лагранжа по всем независимым переменным, считая неопределенные множители постоянными, и приравняем частные производные нулю:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_{11}} = \frac{\partial з_{11}}{\partial x_{11}} + \lambda q_{11} - \mu a_{11} = 0;$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_{12}} = \frac{\partial з_{12}}{\partial x_{12}} + \lambda q_{12} - \mu a_{12} = 0;$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \qquad (5.60)$$
$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_{nm}} = \frac{\partial з_{nm}}{\partial x_{nm}} + \lambda q_{nm} - \mu a_{nm} = 0;$$
$$i = 1, \ldots, n; \quad j = 1, \ldots, m.$$

Обозначив частные производные $\frac{\partial з_{ij}}{\partial x_{ij}}$ через β_{ij}, получим оптимальные условия для выбора водоохранных мероприятий:

$$\lambda = \frac{\mu a_{11} - \beta_{11}}{q_{11}} = \frac{\mu a_{12} - \beta_{12}}{q_{12}} = \ldots = \frac{\mu a_{nm} - \beta_{nm}}{q_{nm}}. \qquad (5.61)$$

Это соотношение определяет необходимые условия минимума для рассматриваемой задачи. При наложении определенных требований к частным экономическим функциям оно будет и достаточным.

Аналитическое решение задачи можно получить, если экономическую функцию водоохранных мероприятий аппроксимировать в виде квадратической зависимости:

$$З = З_0 + \sum_{i,j} з_{ij}(x_{ij}) = A + 0{,}5 B_{ij} x_{ij}^2. \qquad (5.62)$$

На основе условия (5.62) будем иметь

$$\beta_{ij} = B_{ij} x_{ij} = -\lambda q_{ij} + \mu a_{ij},$$
$$x_{ij} = \frac{\mu a_{ij} - \lambda q_{ij}}{B_{ij}}. \qquad (5.63)$$

Подставив (5.63) в ограничивающие условия (5.57), (5.58), получим систему линейных уравнений, из которой находятся неизвестные множители λ и μ.

Теперь допустим, что целевая функция (5.56) линейна. Тогда ее нужно записать в следующем виде:

$$З = З_0 + \sum_{i,j} з_{ij} x_{ij} \to \min \qquad (5.64)$$

при тех же ограничениях (5.57), (5.58).

Рассматриваемые методы планирования водоохранной деятельности основаны на использовании балансовых методов, поэтому они позволяют получить не только оптимальные значения расходов воды предприятиями, при которых суммарные затраты на водоохранные мероприятия минимальны, но и численные оценки величин λ и μ на ограничения $Q_н$ и W. Наличие данных величин поз-

воляет сформировать двойственную задачу, которая предполагает максимизацию достигаемого в народном хозяйстве эффекта за вычетом затрат, обусловливающих достижение показателя качества воды на уровне ПДК. В двойственной задаче необходимо ввести оценки на ограничения (5.57) и (5.58) прямой задачи μ и λ. Тогда целевая функция двойственной задачи записывается:

$$\mu W - \lambda Q = \max D. \tag{5.65}$$

Достигается максимум при соблюдении следующих ограничений:

$$\begin{aligned}
&\mu a_{11} - \lambda q_{11} \leqslant З_{11} + З_{0\,11};\\
&\mu a_{12} - \lambda q_{12} \leqslant З_{12} + З_{0\,12};\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\mu a_{nm} - \lambda q_{nm} \leqslant З_{nm} + З_{0\,nm};\\
&i = 1, \ldots, n; \quad j = 1, \ldots, m.
\end{aligned} \tag{5.66}$$

В (5.65) и (5.66) μ является экономической оценкой эффективности производства продукции, которая соответствует предельной оценке производственной функции, выступающей в качестве ограничения (5.57), а λ является относительной экономической оценкой качества воды, которая соответствует предельной оценке водоохранной функции, выступающей в виде ограничения (5.58). При этом оптимальность плана водоохранных мероприятий, осуществляемых на предприятиях, определяется условием $\min З = \max D$.

Таким образом, в оптимальный план не войдут только те технологии производства продукции, для которых

$$\mu \leqslant \frac{З_0 + З_{ij} + \lambda q_{ij}}{a_{ij}}.$$

Из найденных соотношений двойственной задачи получим показатель абсолютной эффективности того или иного варианта водоохранных мероприятий:

$$\lambda = \frac{\mu a_{ij} - (З_{ij} + З_0)}{q_{ij}} \geqslant \lambda_н. \tag{5.67}$$

Значение λ позволяет, не прибегая к большим вычислительным процедурам, свойственным решению двойственных задач, обосновывать совершенно новые технологии, способы и меры по защите водоемов и водотоков от загрязнения. При $\lambda \geqslant \lambda_н$ данное водоохранное мероприятие включается в план водоохранной деятельности конкретного предприятия.

Рассмотренные аналитические приемы экономического анализа позволяют достаточно точно давать экономические оценки взаимозаменяемости водоохранных мероприятий.

В настоящее время в экономической литературе сравнительно широко освещены вопросы планирования одноцелевых водоохранных мероприятий и их влияния на эффективность производства

и создание благоприятных экологических условий в зонах водоемов, подверженных загрязнению. Планирование многоцелевых водоохранных мероприятий в программах природоохранной деятельности регионов остается в значительной мере нерешенной задачей.

Одной из основных причин, сдерживающих использование таких мероприятий, является учет затрат и результатов. Как правило, экономические оценки ограничиваются сопоставлением прямых затрат и прямых результатов, т. е. затраты и результаты по множеству альтернативных решений задаются однозначно. Пока антропогенное воздействие на водотоки, водоемы невелико, подобные оценки вполне достаточны. Рост воздействия на водную среду ведет не только к прямым результатам, появляется вторичное, третичное воздействие производства на водотоки и водоемы; фактические показатели в большинстве случаев сильно отличаются от планируемых, причем конечные результаты проявляются через 5—10 лет (например, Нарвское водохранилище). Поэтому ограничение анализа только сравнением прямых затрат и прямых результатов ведет к заведомо искаженной картине.

Второй немаловажной причиной является отсутствие нормативов эффективности капитальных вложений в многоцелевые водоохранные мероприятия. Это препятствует четкому представлению об их экономической эффективности и обусловливает известные затруднения при приведении их к тождественным результатам в технико-экономических обоснованиях, а также при их планировании.

В связи с этим можно сделать вывод, что особое внимание в практике технико-экономических расчетов должно уделяться разработке и совершенствованию методов экономического обоснования многоцелевых водоохранных мероприятий, которые позволят принимать оптимальные эколого-экономические согласованные решения.

Рассмотрим методические принципы обоснования многоцелевых водоохранных мероприятий на примере теплового загрязнения водотоков и водоемов. Как известно [79, 177], одним из наиболее перспективных направлений охраны водоемов и водотоков от загрязнения должны стать мероприятия по максимально возможной утилизации тепловых отходов энергоустановок. Такой подход к рассматриваемой задаче будет способствовать решению ряда важных народнохозяйственных проблем, к которым следует отнести увеличение темпов развития энергетики, продовольственную программу, энергосберегающую политику, охрану водотоков и водоемов.

Комплекс мероприятий по использованию сбросного тепла является наиболее динамичным в системе водотоки, водоемы — энергоустановки — окружающая среда, от его размеров зависит состав и объем других мероприятий в системе. Наиболее целесообразным способом утилизации тепловых отходов является их использование в энергобиологических комплексах [171, 177]. Эти комплексы пред-

ставляют совокупность различных производств, объединенных единым замкнутым контуром, в котором теплоносителем (отходом производства) является отработанная циркуляционная вода энергоустановок.

Принципиально возможно использование тепловых отходов в следующих производствах (рис. 5.7): в тепличных хозяйствах; в рыбоводческих хозяйствах; для поверхностного обогрева сельскохозяйственных угодий; на животноводческих фермах; на охлаж-

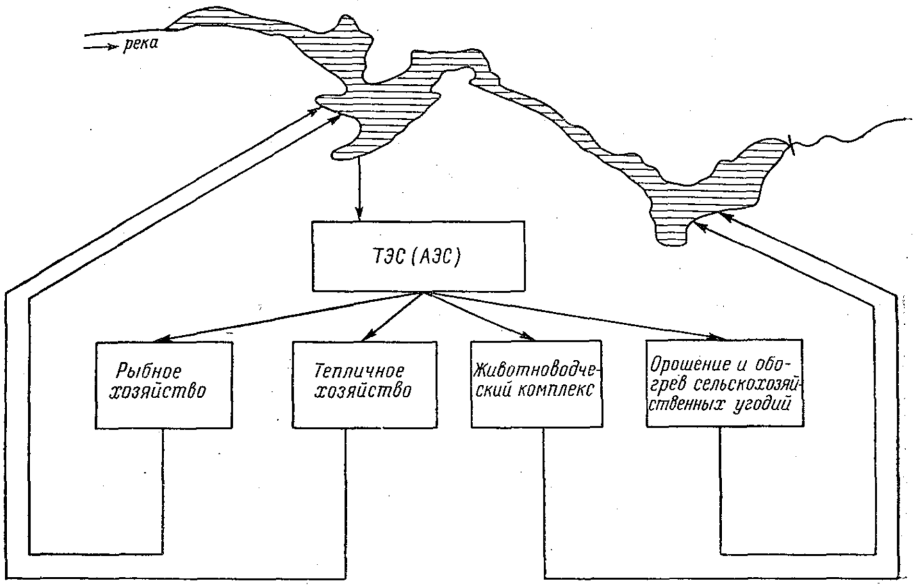


Рис. 5.7. Схема использования тепловых отходов ТЭС (АЭС) в энергобиологическом комплексе.

дение и замораживание продуктов на складах; в производстве дрожжей, водорослей и особо ценных добавок к кормам и т. д.

Создание малоотходной технологии энергетического производства на базе энергобиологического комплекса (ЭБК) способствует достижению нескольких целей: а) предупреждению теплового загрязнения водотоков и водоемов; б) интенсификации производства продуктов питания; в) повышению безотходности процесса производства не только энергии, но и продуктов питания. Реализация этих целей позволит, во-первых, за счет дополнительного прироста сельскохозяйственной продукции в определенной степени компенсировать отчуждение земель под энергетическое и водохозяйственное строительство; во-вторых, снизить тепловую нагрузку на водохранилища и тем самым уменьшить затраты живого и овеществленного труда на его охрану; в-третьих, производить продукты питания с меньшими затратами по сравнению с затратами на их получение традиционными методами.

В связи с этими приведенными тремя важнейшими факторами уже сейчас при размещении объектов большой энергетики необходимо планировать как народнохозяйственную цель — использование тепловых отходов энергоустановок.

Экономическая оценка водоохранной деятельности определяется на основе сравнительного анализа затрат и результатов различных мероприятий и прежде всего мероприятий по использованию сбросного тепла, причем процедура анализа сводится к сопоставлению двух вариантов. Первый вариант «система» основывается на использовании тепловых отходов, второй (альтернативный вариант) — на получении воды из независимого источника с ее подогревом, например, в котельной. Сопоставимость вариантов обеспечивается:

а) по электроэнергии — назначением водоохладительных мероприятий, гарантирующих понижение температуры воды перед подачей ее в конденсаторы турбин до расчетной;

б) по воде — назначением компенсационных мероприятий с последующей экономической оценкой;

в) по остальным отраслям — одинаковым уровнем производства продукции.

Оценка косвенных затрат предполагает учет следующих положительных эффектов комплексного использования тепловых отходов энергоустановок: 1) снижение затрат на водоохладительные мероприятия, оценка которых может быть получена при построении зависимостей $\Delta t = \varphi(\Delta З^{\text{исп}})$, где Δt — изменение температуры воды в водоеме, $\Delta З^{\text{исп}}$ — изменение приведенных затрат на мероприятия по утилизации тепловых отходов; 2) повышение технико-экономических показателей ТЭС (АЭС) вследствие снижения температуры воды в водоеме — источнике гарантированного водообеспечения «системы».

Оценка прямых затрат также предусматривает учет положительных и отрицательных последствий комплексного использования тепловых отходов. Положительный эффект достигается за счет экономии топлива в отраслях, использующих тепловые отходы. Оценка этого эффекта заключается в определении дополнительных затрат на получение тепла $\Delta З^{\text{теп}}_{\text{а}}$, которое в исследуемом варианте берется «бесплатно». В этом случае в $\Delta З^{\text{теп}}_{\text{а}}$ должны быть учтены все затраты на топливо — от его добычи до использования. В варианте «система» указанные затраты, естественно, отсутствуют.

Отрицательный аспект использования тепловых отходов заключается в безвозвратных потерях воды, которое учитывается в результате введения в расчет приведенных затрат на компенсацию потерь воды в исследуемом варианте «система» $З^{\text{в}}_{\text{с}}$ и альтернативном варианте $З^{\text{в}}_{\text{а}}$.

При этом затраты для обоих вариантов ($З^{\text{т}}$ — теплицы, $З^{\text{рыб}}$ — рыбное хозяйство, $З^{\text{ж}}$ — животноводческие комплексы, $З^{\text{ор}}$ — орошение) необходимо определять с учетом достижения условий тож-

дественности вариантов, а именно: каждый вариант должен базироваться на наиболее экономичном для данного типа энергоисточников современном оборудовании; плановые объемы выпуска продукции по каждому виду использования тепловых отходов должны соответствовать друг другу.

Как уже отмечалось, наиболее изменяющимися во времени и по размеру являются затраты на утилизацию тепловых отходов, в то же время именно они непосредственно влияют на размер затрат таких групп взаимосвязанных мероприятий, как водоохладительные, компенсация потерь воды, восстановление продукции.

Выбор наилучшего варианта комплекса мероприятий по предупреждению теплового загрязнения водотоков и водоемов определяется по следующим составляющим:

$$\Delta З_с = З_с^{исп} + З_с^{охл} + З_с^{в} + З_с^{к},$$

где $\Delta З_с^{исп}$ — приведенные затраты на получение данных объемов продукции с использованием тепловых отходов в ЭБК; $З_с^{охл}$ — приведенные затраты на водоохлаждающие и подобные им установки; $З_с^{в}$ — затраты на компенсацию потерь воды; $З_с^{к}$ — приведенные затраты на восстановление теряемой продукции вследствие отклонения показателей качества воды от нормативных значений.

В альтернативном варианте суммарные затраты будут складываться из следующих составляющих:

$$\Delta З_а = З_а^{р} + З_а^{кот} + З_а^{топ} + З_а^{охл} + З_а^{в} + З_а^{к},$$

где $З_а^{р}$ — приведенные затраты, необходимые для получения тех же объемов продукции, что и в варианте «система», но без использования тепловых отходов; $З_а^{кот}$ — затраты на котельную; $З_а^{топ}$ — приведенные затраты на добычу, транспортировку и использование топлива; $З_а^{охл}$, $З_а^{в}$, $З_а^{к}$ — приведенные затраты на водоохлаждающие устройства и сооружения, компенсацию потерь воды, восстановление теряемой продукции в альтернативном варианте.

Если в качестве альтернативного варианта рассматривать получение продукции, производство которой базируется на использовании тепла, получаемого из независимого от ТЭС (АЭС) источника, то $З_с^{исп}$ всегда меньше $З_а^{р} + З_а^{кот} + З_а^{топ}$ за счет отказа от строительства котельной или другого источника генерирования тепла и экономии топлива. Это есть не что иное, как экономия прямых затрат. Таким образом,

$$З_с^{исп} - (З_а^{р} + З_а^{кот} + З_а^{топ}) = \pm \Delta З^{исп} - З_а^{кот} - З_а^{топ}.$$

К прямым затратам в обоих вариантах следует отнести затраты на очистку воды до нормативов после ее использования на сельскохозяйственных полях, в теплицах и т. п. Кроме того, в альтернативном варианте необходимо учесть природоохранные затраты,

обусловленные ликвидацией выбросов, образующихся в результате сжигания топлива.

Сопоставление $З^{к}_{с}$ и $З^{к}_{а}$ показывает, что в условиях использования тепловых отходов затраты на компенсационные мероприятия становятся меньше. Менее однозначные результаты дает сопоставление затрат по компенсации потерь воды $З^{в}_{с}$ и $З^{в}_{а}$, экономия которых представляет собой снижение прямых затрат. Разницу в затратах на водоохлаждение следует отнести к косвенным затратам. Величина $\Delta З^{охл}$ всегда имеет место, так как использование тепловых отходов снижает температуру воды, удешевляя на $\Delta З^{охл}$ необходимые водоохладительные мероприятия.

Таким образом, целесообразность включения мероприятий по утилизации тепловых отходов энергоустановок в общий комплекс водоохранных мероприятий определяется из соотношений $З_с$ и $З_а$; при $З_а > З_с$ необходимость использования тепловых отходов считается доказанной. Такой вывод справедлив, если многоцелевые мероприятия станут составной частью ТЭС (АЭС). Если же рассматриваемые мероприятия образуют отдельную структурную единицу с самостоятельным бухгалтерским балансом, необходимо распределение $З^{исп}_{с}$ пропорционально получаемым эффектам.

Существенным недостатком предлагаемого метода обоснования многоцелевых водоохранных мероприятий является сложность приведения рассматриваемых вариантов водоохранных мероприятий к тождественным результатам. В связи с этим рассмотрим более строгую постановку задачи обоснования затрат на многоцелевые водоохранные мероприятия, которая исходит из построения эколого-экономических балансов.

Для решения задачи была предпринята попытка использовать методы математического моделирования и получения на их основе нормативных показателей, которые в технико-экономических расчетах носят названия замыкающих оценок, множителей Лагранжа, расчетных цен и т. д. [83]. По экономическому содержанию оценки оптимального плана водоохранных мероприятий есть нормативы эффективности, которые являются основой для приведения вариантов к тождественным результатам. Такой подход, впервые предложенный П. П. Долговым, заключается в составлении балансовых уравнений системы водотоки (водоемы) — объекты ЭБК — окружающая среда, аналогичных по своей форме уравнениям баланса затрат — выпуска.

Баланс водного потока и водоиспользования (см. рис. 5.7) может быть охарактеризован показателями: V_1 — полный объем водных ресурсов, который необходим для функционирования исследуемой системы; V_{12} — водный поток от водоема к электростанции, который в первом приближении представляет объем водопользования; V_2 — для производства электроэнергии в размере $W_э$; ΔV_2 — потери воды в процессе производства электроэнергии; V_{23} — водный поток от электростанции до биологических производств, который составляет объем водопотребления V_3 для выпуска про-

дукции $W_п$; ΔV_3 — потери воды в процессе использования отработанных циркуляционных вод энергоустановок в биологических производствах; V_{31} — водный поток от биологического комплекса к водоему; $\overline{V}_1$ — объем воды для различных водопользователей водоема; ΔV_1 — потери воды из водоема.

На базе рассмотренных показателей формируется основное балансовое соотношение исследуемой системы по воде:

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= \overline{V}_1 + \Delta V_1 + V_{12}; \\ V_2 &= V_{12} = V_{23} + \Delta V_2; \\ V_3 &= V_{23} = V_{31} + \Delta V_3. \end{aligned}\right\} \qquad (5.68)$$

Введем в систему (5.69) удельные показатели расходов и потерь

$$a_1 = \frac{\Delta V_1}{V_1}; \quad a_2 = \frac{\Delta V_2}{V_2};$$

$$a_3 = \frac{\Delta V_3}{V_3}; \quad a_4 = \frac{V_{31}}{V_1}.$$

Кроме того, на основании прогноза численных оценок теплового загрязнения водоемов при заданном нормативе уровня этих воздействий вводится дополнительное уравнение:

$$q_1V_1 + q_2V_2 + q_3V_3 - x_4 = Q, \qquad (5.69)$$

где q_1, q_2, q_3 — удельные выбросы тепла от основных объектов системы; x_4 — объем тепла, утилизированного на установках биологического комплекса; Q — объем неуничтоженных тепловых отходов от производственной деятельности.

Преобразуем выражение (5.68) и (5.69) в следующую систему линейных уравнений:

$$\begin{aligned} (1 - a_1 - a_4)\,V_1 - a_2V_2 - a_3V_3 &= \overline{V}_1; \\ (1 - a_2)\,V_2 - V_3 &= 0; \\ -a_4V_1 + (1 - a_3)\,V_3 &= 0; \\ q_1V_1 + q_2V_2 + q_3V_3 - x_4 &= Q. \end{aligned} \qquad (5.70)$$

Запишем выражение (5.70) в виде модели матричного баланса

$$\begin{bmatrix} 1 - a_1 - a_4 & -a_2 & -a_3 & 0 \\ 0 & 1 - a_2 & 0 & 0 \\ -a_4 & 0 & 1 - a_3 & 0 \\ q_1 & q_2 & q_3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{V}_1 \\ 0 \\ 0 \\ Q \end{bmatrix}.$$

Так как конечной целью анализа является определение «расчетных» цен в системе затрат и выпуска, то вводится дополнительная информация, включающая затраты по объектам исследуемой системы, а также затраты на проведение водоохранных мероприятий, которые должны возмещать все объекты данного комплекса и конечные потребители.

В качестве обобщенных показателей затрат берутся приведенные затраты, которые учитывают в стоимостной форме расходы по

созданию и эксплуатации объектов. Тогда система эколого-экономического баланса представляется следующим образом:

$$\begin{bmatrix} 1-a_1-a_4 & 0 & -a_4 & q_1 \\ -a_2 & 1-a_2 & 0 & q_2 \\ -a_3 & -1 & 1-a_3 & q_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix}, \quad (5.71)$$

где z_1, z_2, z_3 z_4 — приведенные затраты соответственно на регулирование речного стока, электростанцию, биологический комплекс, водоохранные мероприятия; p_1 — расчетная (оптимальная) цена воды для потребителя; p_2 — расчетная цена воды для энергопредприятия; p_3 — расчетная цена воды для биологического комплекса, p_4 — расчетная цена водоохранных мероприятий.

Так как из (5.71) следует, что цена водоохранных мероприятий равна удельным затратам

$$p_4 = z_4,$$

то расчетные (оптимальные) цены должны определяться из системы

$$\begin{aligned} (1-a_1-a_4)\,p_1 &\qquad\qquad - a_4 p_3 = z_1 + z_4 q_4; \\ -a_2 \quad p_1 + (1-a_2)\,p_2 &\qquad\quad = z_2 + z_4 q_2; \\ -a_3 \quad p_1 \qquad + (1-a_3)\,p_3 &\quad = z_3 + z_4 q_3. \end{aligned} \quad (5.72)$$

Решая (5.72) относительно p_1, p_2, p_3 получаем расчетные (оптимальные) значения цен:

$$p_1 = \frac{\Delta_p'}{\Delta}; \quad p_2 = \frac{\Delta_p''}{\Delta}; \quad p_3 = \frac{\Delta_p'''}{\Delta},$$

где

$$\Delta = \begin{bmatrix} 1-a_1-a_4 & 0 & -a_4 \\ -a_2 & 1-a_2 & 0 \\ -a_3 & 0 & 1-a_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta_p' = \begin{bmatrix} z_1 + z_4 q_1 & 0 & -a_4 \\ z_2 + z_4 q_2 & 1-a_2 & 0 \\ z_3 + z_4 q_3 & 0 & 1-a_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta_p'' = \begin{bmatrix} z_1 + z_4 q_1 & 1-a_1-a_4 & -a_4 \\ z_2 + z_4 q_2 & -a_2 & 0 \\ z_3 + z_4 q_3 & -a_3 & 1-a_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta_p''' = \begin{bmatrix} z_1 + z_4 q_1 & 1-a_1-a_4 & 0 \\ z_2 + z_4 q_2 & -a_2 & 1-a_2 \\ z_3 + z_4 q_3 & -a_3 & 0 \end{bmatrix}$$

Полученные оценки (p_1, p_2, p_3, p_4) по своему экономическому содержанию являются оценками оптимального плана, на основе которых должно осуществляться приведение объектов системы водотоки (водоемы) — объекты ЭБК — окружающая среда к тождественным результатам. Кроме того, они являются хорошим инструментом для распределения и возмещения всех затрат в исследуемой системе.

Глава 6. Обоснование экономической эффективности мероприятий по освоению водотоков и водоемов как объектов природопользования

6.1. Основные принципы экономической оценки водных ресурсов

Рассмотренные в п. 4.1 основные положения методики экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования предполагают определение экономической оценки водных ресурсов и использование ее результатов для выбора оптимального распределения между участниками водохозяйственного комплекса объема воды и источников водопотребления. В частности, такое распределение необходимо для завершения четвертого этапа экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования.

В качестве методологической основы экономической оценки водных ресурсов авторы приняли методику экономической оценки природных ресурсов, разработанную комиссией при АН СССР под руководством академика Н. П. Федоренко [179]. В данной методике в качестве критерия оценки любого вида ресурсов принят совокупный народнохозяйственный эффект, получаемый при эксплуатации этого ресурса. Оценка природных ресурсов производится с учетом замыкающих затрат на продукцию сельского, лесного и водного хозяйств и добывающих отраслей промышленности. Размер замыкающих затрат определяется на основе оптимизации народнохозяйственных планов использования и воспроизводства природных ресурсов для крупных территориально-производственных комплексов. Экономическая оценка самих природных ресурсов определяется как разность между замыкающими и прямыми приведенными затратами на производство соответствующей продукции в расчете на единицу ресурса.

С учетом многообразия возможных направлений и способов использования природных ресурсов в качестве их экономической оценки принимается максимально возможный экономический выигрыш, получаемый при оптимальных условиях эксплуатации природных ресурсов и данном уровне замыкающих затрат и ограничениях, накладываемых потребностями общества в различных видах продукции, лимитами капитальных вложений и т. п.

До разработки оптимальных планов комплексного использования и воспроизводства природных ресурсов и определения соответствующих этим планам замыкающих затрат методикой рекомендуются приближенные методы экономической оценки.

Рассчитанные на основе замыкающих затрат экономические оценки природных ресурсов используются в основном в планово-проектных материалах и служат для следующих целей: целесообразного распределения ресурсов между отраслями народного хозяйства; обоснования развития и размещения производительных сил; установления направления развития народного хозяйства отдельных районов страны и ведения кадастров природных ресурсов; обоснования достижения основных этапов качества природной среды; определения экономической эффективности проектных и плановых решений.

К числу важнейших принципов экономической оценки природных ресурсов относятся следующие.

1. Экономическая оценка природных ресурсов должна учитываться при обосновании всех планово-проектных решений, вызывающих изменение наличия, первоначальных свойств или характера использования природных ресурсов.

2. Экономическая оценка данного природного ресурса равна дифференциальной ренте при оптимальном с народнохозяйственных позиций режиме эксплуатации ресурса. Последнее реализуется на основе экономической оценки объекта природопользования.

3. Ставки дифференциальной ренты определяются с помощью двухуровенной системы оптимизационных расчетов. На первом уровне (в централизованном порядке) определяются замыкающие затраты на продукцию отраслей, эксплуатирующих природные ресурсы (рассчитываются оптимальные оценки по укрупненным моделям развития и размещения соответствующих производств); на втором уровне определяются ставки дифференциальной ренты по данному природному ресурсу с учетом установленных на первом уровне значений замыкающих затрат на продукцию, получаемую при эксплуатации ресурса. С этой целью проводятся оптимизационные расчеты на максимум получения ренты с данного ресурса при соблюдении ограничений, диктуемых конкретными условиями его эксплуатации.

Полученные значения ренты используются на этапе детального проектирования. Здесь следует отметить, что в проектной практике гидротехнического строительства, например, при выборе вариантов изъятия сельскохозяйственных земель под водохранилища по предложению авторов [см. 168, 169] учитываются не только единовременные затраты, связанные с сельскохозяйственным освоением новых земель взамен изымаемых, но и ущерб, приносимый народному хозяйству в связи с увеличением затрат на производство продукции. Этот ущерб есть не что иное, как дифференциальная рента, т. е. разность между затратами на производство продукции в новых (на худших землях, освоение и эксплуатация которых общественно необходима при определенных предельно допустимых затратах) и прежних (на изъятых сельскохозяйственных землях) условиях.

Рассмотрим формирование замыкающих оценок в водохозяйственных системах на основе изложенных выше принципов.

Для расчета замыкающих затрат принята экономико-математическая модель ВХС, сформулированная следующим образом.

Система формируется j-м количеством водопотребителей ($j=1\ldots m$) и i-м количеством водоисточников ($i=1\ldots n$), которые возможны к использованию этими водопотребителями (например, за счет водных ресурсов водотоков и водоемов как объектов природопользования, намечаемых к освоению по проекту; заменяемые варианты: сток, перебрасываемый из других бассейнов рек; подземные воды, добываемые из артезианских скважин).

Потребность каждого водопотребителя определена (ограничена) величиной W_j. Возможность использования воды разных источников также является ограниченной и определяется требованиями водного законодательства и охраны природы (например, сохранение уникальных естественных нерестилищ, пойменных лугов и т. п.), а также возможными по экологическим и экономическим условиям масштабами пополнения водных ресурсов за счет переброски стока из других районов и добычи подземных вод. Обозначим ограничения на водный ресурс различных источников N_i. Вода i-го водоисточника используется водопотребителями при определенных затратах s_{ij} (удельные приведенные затраты на водоснабжение и водоотведение у j-го потребителя, руб/м^3).

Задача состоит в том, чтобы удовлетворить заданную потребность народного хозяйства в воде по водопотребителям, с учетом фиксированных ограничений, при обеспечении минимума приведенных затрат в целом по ВХС. В этом случае целевой функцией является:

$$\sum_i \sum_j s_{ij} x_{ij} \to \min, \tag{6.1}$$

а условиями-ограничителями:

$$\sum_j x_{ij} \leqslant N_i; \tag{6.2}$$

$$\sum_i x_{ij} \geqslant W_j; \tag{6.3}$$

$$x_{ij} \geqslant 0. \tag{6.4}$$

На основании прямой задачи линейного программирования может быть построена двойственная задача, критерием которой является максимизация эффекта в народном хозяйстве.

Для построения двойственной задачи введем оценки на ограничения прямой задачи, обозначив: M_j — оценка потребления водных ресурсов для каждого j-го потребителя; λ_i — оценка водного ресурса i-го источника. Отсюда целевая функция этой задачи следующая:

$$\sum_j M_j W_j - \sum_i \lambda_i N_i = \max. \tag{6.5}$$

Максимум (6.5) достигается при соблюдении ограничений:

$$\left.\begin{array}{l} M_j - \lambda_i \leqslant z_{ij}; \\ M_j \geqslant 0;\ \lambda_i \geqslant 0; \\ j = 1 \ \ldots \ m;\ \ i = 1 \ \ldots \ n. \end{array}\right\} \qquad (6.6)$$

В результате решения задачи линейного программирования получаем оптимальный план и численное значение оценок на ограничения. Этот план определяет распределение водных ресурсов i-х водоисточников по j-м водопотребителям.

Двойственные оценки оптимального плана имеют следующий экономический смысл. Оценка водных ресурсов различных источников показывает, как изменится функционал (6.1), если возможности водоснабжения увеличатся или уменьшатся на единицу. Эта оценка отражает ренту, обусловленную дефицитностью водных ресурсов. Действительно, в водохозяйственном строительстве существуют разные условия приложения труда. Регулирование и переброска стока рек, а также добыча подземных вод не может происходить только в наиболее благоприятных условиях, при которых стоимость освоения водных ресурсов ниже, чем при освоении замыкающих ресурсов, эксплуатация которых общественно необходима при данном уровне развития производительных сил.

Итак, при формировании водохозяйственного баланса, когда использование водных ресурсов с лучшими экономическими показателями ограничено и необходимо вовлекать «худшие» водные ресурсы, возникает рента на «лучшие» водные ресурсы.

Оценка водопотребления показывает, как изменится функционал (6.1), если потребность j-го водопотребителя изменится на единицу. Ее сущность вытекает из ограничений двойственной задачи (6.6):

$$M_j = z_{ij} + \lambda_i, \qquad (6.7)$$

т. е. для каждого j-го потребителя оценка включает непосредственно затраты на водный ресурс z_{ij} и ренту λ_i. Оценки на потребление формируют своеобразные «расчетные цены» у замыкающего потребителя, которые носят название замыкающих затрат.

Таким образом, замыкающие затраты на воду — это удельные приведенные затраты, которые возникают в народном хозяйстве на получение каждого дополнительного кубометра воды, причем на разных этапах расчетного периода.

Как показывает анализ большого ряда проектов комплексных гидроузлов, расположенных в различных районах страны, при определении состава участников ВХК, режимов и объемов водопотребления до сих пор, по-существу, не производится экономическая оценка водных ресурсов с учетом λ_i и M_j. Последнее не способствует принятию оптимальных решений, вызывает значительные трудности при проектировании и согласовании ВХК с заинтересованными министерствами и ведомствами.

6.2. Проблемы формирования водохозяйственного комплекса на примере р. Сулак

Река Сулак — самая крупная в Дагестанской АССР — образуется от слияния рек Аварское Койсу и Андийское Койсу, берущих начало на северо-восточных склонах Главного Кавказского хребта.

В целом режим стока Сулака благоприятствует комплексному использованию водных ресурсов. Здесь исторически сформировались естественные нерестилища осетровых, развиваются рыбхозы и рыбопитомники, производится орошение земель и водоснабжение городов и поселков [35].

Из общего объема водопотребления неэнергетическими отраслями (объектами) народного хозяйства в бассейне Сулака 97 % падает на участок реки, расположенный от створа Чиркейской ГЭС до устья, 2 % — на водохранилище Чиркейской ГЭС, 1 % — на реки Аварское и Андийское Койсу.

Река Сулак имеет важное рыбохозяйственное значение, располагая значительным фондом нерестилищ осетровых рыб, которые являются уникальными для бассейна Каспия. Естественному воспроизводству здесь не препятствуют гидроузлы, нет загрязнения сточными водами. Сулакское стадо осетровых исчисляется в семь тысяч экземпляров (4,5 тыс. севрюги, 2,5 тыс. осетра). В реке также обитают лосось, шемая, акклиматизированная кета, кутум и рыбец. К полупроходным рыбам относятся вобла, лещ, сазан, судак, сом, жерех. Кроме того, в низовье Сулака осуществляется размножение и нагул щуки, окуня, карася и других туводных рыб.

Нерестилища осетровых размещаются начиная с 77-го км от устья р. Сулака (впадение реки Малый Сулак) до 98-го км (с. Нечаевка). Основные нерестилища, сложенные из песчано-галечных россыпей, расположены на пятикилометровом участке вниз по течению от с. Нечаевка; ниже расположен второй участок нерестилищ на плотной глине. Общая площадь нерестилищ составляет 200 га, в том числе 90 га на галечных, 110 га на глинистых грунтах. Продуктивность естественных нерестилищ осетровых оценивается в 5 тыс. ц.

В равнинной части бассейна Сулака размещены четыре государственных рыбных хозяйства и рыбопитомник; общая площадь прудов — 5 тыс. га; выход товарной продукции — 0,9 тыс. ц.

Для естественного воспроизводства стада осетровых и рыборазведения в прудовых хозяйствах требуются следующие расходы воды в р. Сулаке в нижнем бьефе Чирюртской ГЭС сверх водопотребления другими отраслями и объектами народного хозяйства на перспективу (табл. 6.1).

Ирригационный земельный фонд в бассейне Сулака и на подкомандных территориях составляет более 400 тыс. га; его освоенность возрастет с 43 % в 1980 г. до 94 % к 2000 г. при росте годового объема водопотребления соответственно с 1165 до 2440 млн. м³ (табл. 6.2). Из общего объема водопотребления сельским

Таблица 6.1

Водопотребление рыбного хозяйства

Показатель	Всего	В том числе	
		естественные нерестилища	прудовые хозяйства
Среднемесячный расход, $м^3/с$			
январь	43,8	40,0	3,8
февраль	43,8	40,0	3,8
март	62,6	40,0	22,6
апрель	146,0	130,2	15,8
май	218,0	200,2	17,8
июнь	206,0	199,7	6,3
июль	136,0	130,5	4,5
август	134,0	129,6	4,4
сентябрь	44,0	40,0	4,0
октябрь	43,2	40,0	3,2
ноябрь	44,2	40,0	4,2
декабрь	43,8	40,0	3,8
Среднегодовой расход, $м^3/с$	97,0	89,0	8,0
Годовой объем, млн $м^3$	3068,0	2819,7	248,3

Таблица 6.2

Водопотребление сельского хозяйства на расчетные уровни

Показатель	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
I. Равнинная зона				
Среднемесячный расход, $м^3/с$				
январь	1,84	0,9	0,9	0,9
февраль	1,84	0,9	0,9	0,9
март	1,84	0,9	0,9	0,9
апрель	22,3	23,6	40,6	47,0
май	76,8	85,7	147,0	162,0
июнь	99,8	114,0	183,0	207,0
июль	77,8	87,2	146,0	165,0
август	71,6	82,2	140,0	158,0
сентябрь	43,0	49,7	83,0	95,8
октябрь	13,1	15,0	20,0	24,6
ноябрь	1,84	0,9	0,9	0,9
декабрь	1,84	0,9	0,9	0,9
Среднегодовой расход, $м^3/с$	34,5	38,6	64,5	72,0
Годовой объем, млн $м^3$	1090	1217	2021	2275
II. Зона Чиркейского водохранилища				
Годовой объем, млн $м^3$	27	57	57	114
III. Горные районы				
Годовой объем, млн $м^3$	48	48	51	51
Общий годовой объем водопотребления в бассейне Сулака, млн $м^3$	1165	1322	2129	2440

хозяйством 88 % приходится на нерисовые севообороты, сады и виноградники, 15 % — на рисосеяние и 2 % на водоснабжение и обводнение.

Эффективность орошаемого земледелия в этом районе высокая: стоимость валовой продукции с пашни возрастет более чем в три раза, с многолетних насаждений — в два раза при общем сроке окупаемости капитальных вложений (4000 руб/га) 6—7 лет.

Водные ресурсы бассейна Сулака являются основным источником промышленного и коммунального водоснабжения Дагестанской АССР. Непосредственно из Сулака по каналу им. Октябрьской революции обеспечивается водоснабжение столицы республики г. Махачкалы, города нефтяников — Каспийска и ряда других населенных пунктов (табл. 6.3).

Обоснование распределения водных ресурсов между неэнергетическими отраслями народного хозяйства сталкивается с рядом эколого-экономических трудностей.

Учитывая, что влияние гидроэнергетического строительства на формирование водохозяйственного комплекса в основном сказывается на участке Сулака в нижнем бьефе Чиркейской ГЭС, где доля

Таблица 6.3

Промышленное и коммунальное водопотребление

Показатель	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
I. Равнинная зона				
Среднемесячные расходы, м³/с				
январь	4,3	5,7	8,6	14,3
февраль	4,3	5,7	8,6	14,3
март	4,3	5,7	8,6	14,3
апрель	4,3	5,7	8,6	14,3
май	5,7	7,6	11,4	19,0
июнь	5,7	7,6	11,4	19,0
июль	5,7	7,6	11,4	19,0
август	5,7	7,6	11,4	19,0
сентябрь	4,3	5,7	8,6	14,3
октябрь	4,3	5,7	8,6	14,3
ноябрь	4,3	5,7	8,6	14,3
декабрь	4,3	5,7	8,6	14,3
Среднегодовой расход, м³/с	4,7	6,4	9,5	15,8
Годовой объем, млн м³	150	200	300	500
II. Зона Чиркейского водохранилища и горные районы Дагестана				
Годовой объем, млн м³	15	20	25	30
Общий годовой объем водопотребления в бассейне Сулака, млн м³	165	220	325	530

водопотребления неэнергетических отраслей составляет 97 % общего объема водопотребления в бассейне реки, а также то, что именно здесь наблюдается противоречие интересов сельского хозяйства (ирригации) и рыбного хозяйства, рассмотрим, насколько обеспечиваются требования водопотребителей за счет естественных водных ресурсов Сулака в данном районе (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Водопотребление в равнинной зоне (ниже створа Чиркейской ГЭС), (млн м³/год)

Показатель	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
Требуемый годовой объем				
сельское хозяйство	1090	1217	2021	2275
рыбное хозяйство	3068	3068	3068	3068
промышленное и коммунальное водоснабжение	150	200	300	500
Итого	4308	4485	5389	5843
Удовлетворение требований (+ избыток, — дефицит) в естественных условиях (до строительства ГЭС) в годы обеспеченностью				
75 %	+575	+398	—506	—960
95 %	—24	—201	—1105	—1559
99 %	—308	—485	—1389	—1843

Приведенные в табл. 6.4 данные показывают, что планируемые требования неэнергетических отраслей по годовому объему водопотребления обеспечиваются только на уровне 1980—1985 гг. в год 75 %-ной обеспеченности. Однако и этот показатель является условным, так как не обеспечивается необходимое водопотребление с января по май включительно. В годы обеспеченностью более 75 % дефицит водных ресурсов Сулака наступил в 1980 г. Это свидетельствует о недостаточно объективном планировании водопотребления без увязки интересов отраслей (объектов) народного хозяйства, без учета реальных возможностей Сулака как источника водообеспечения.

С учетом необходимости 100 %-ного обеспечения промышленного и коммунального водоснабжения отмеченный выше дефицит водных ресурсов, отнесенный на сельское или рыбное хозяйства (т. е. при удовлетворении требований одной из этих отраслей), оценивается показателями, приведенными в табл. 6.5. Эти данные свидетельствуют о том, что ирригация экономически более выгодна, чем рыбное хозяйство, что дает право ставить вопрос о покрытии дефицита водных ресурсов для ирригации за счет других водоисточников, обеспечивая тем самым сохранение естественных нерестилищ. Так, например, известен вариант подачи воды из Волги в Терек [169], где максимально возможная стоимость пере-

Таблица 6.5

Оценка дефицита водных ресурсов Сулака

Показатель	Расчетная обеспеченность, %					
	75			99		
	1980 г.	1990 г.	2000 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Сельское хозяйство (при полном удовлетворении нужд рыбного хозяйства)						
сокращение площади орошения, тыс. га/%	—	82/25	156/42	15/9	160/49	228/62
снижение народнохозяйственного дохода, млн руб	—	50	95	9	98	139
Рыбное хозяйство (при полном удовлетворении нужд ирригации)						
сокращение площади естественных нерестилищ, га/%	—	44/22	84/42	9/5	87/44	122/61
снижение народнохозяйственного дохода, млн руб	—	0,4	0,8	0,1	0,8	1,1

Примечание. В годы 99 %-ной обеспеченности учтено снижение нормированного водопотребления ирригации до 20 %. Оценка продукции сельского и рыбного хозяйства при определенни ущерба по показателю снижения народнохозяйственного дохода (в ценах 1973 г.) произведена институтами Южгипроводхоз и Гидрорыбпроект.

броски 1 км³ воды может достигать 200 млн руб. Расчеты показывают, что затраты на переброску стока и строительство ирригационных систем окупаются за счет прироста народнохозяйственного дохода от орошения в пределах нормативного срока, что видно из следующего расчета на 1 км³ перебрасываемой воды, согласованного Госпланом СССР и Госстроем СССР при рассмотрении проблемы в ТЭО строительства Ирганайского комплексного гидроузла на р. Аварское Койсу в Дагестанской АССР:

$$Э_{кп} = \frac{Д}{K_п + K_{ир}} = \frac{107}{200 + 700} = 0{,}12,$$

где $Д$ — прирост народнохозяйственного дохода от орошения земель за счет 1 км³ перебрасываемой воды из Волги в бассейн рек Терека и Сулака; $K_п$ — капиталовложения на переброску 1 км³ воды; $K_{ир}$ — капиталовложения в ирригацию.

Однако из-за низких экономических показателей рыбного хозяйства указанный в табл. 6.4 дефицит водных ресурсов планируется отнести на эту отрасль путем перехода на искусственное

рыборазведение на Сулаке, обеспечиваемое строительством осетрового рыбоводного завода.

В конечном счете перед гидроэнергетическим строительством в этом районе ставилась задача полного удовлетворения требований к объемам и режимам подачи воды в нижний бьеф Чиркейской и Миатлинской ГЭС со стороны сельского хозяйства (ирригация), промышленного и коммунального водоснабжения с учетом обеспечения ограниченного попуска в объеме 1570 млн. м³ в год для рыбного хозяйства в условиях искусственного рыборазведения.

Гидроэнергетическое строительство на Сулаке не только способствует удовлетворению указанных требований, но и позволяет значительно улучшить водообеспечение, так как полностью ликвидируется дефицит воды в зимний и весенний периоды года (табл. 6.6).

Главной «виной» гидроэнергетического строительства явилось перенесение сроков обезвоживания естественных нерестилищ и соответственно строительства осетрового рыбоводного завода с 1985—1990 гг. на 1980—1985 гг. в связи с временным использованием в интересах гидроэнергетики (учтено проектом ГЭС) излишков воды, которые возникли вследствие того, что ирригация планирует свое развитие и использование этой воды на 1990—2000 гг. Это послужило основанием тому, что строительство рыбозавода (как компенсации за нарушение естественного воспроизводства стада осетровых рыб) полностью отнесено на счет гидроэнергетического строительства (включено в смету Миатлинской ГЭС).

Гидроэлектростанции на Сулаке являются комплексными; они не только решают водохозяйственную задачу по рациональному использованию водных ресурсов реки, но и оказывают положительное влияние на развитие производительных сил и имеют важное социально-экономическое значение для Дагестана. Эффект регулирования стока Сулака Чиркейским, Миатлинским и Ирганайским комплексными гидроузлами заключается в следующем:

обеспеченность требуемых попусков (табл. 6.6) в нижний бьеф для водоснабжения неэнергетических отраслей (объектов) народного хозяйства возрастет до 86 %;

в маловодные годы обеспеченностью более 75 % сток Сулака существенно повышается (например, для года 98 %-ной обеспеченности на 0,85 км³);

за счет глубокого многолетнего регулирования стока Сулака гарантируется прирост среднегодового объема воды в годы более 75 %-ной обеспеченности в размере 350 млн. м³, что планируется использовать для орошения дополнительных площадей в размере 60 тыс. га;

специальный зимний энергетический попуск в объеме около 0,9 км³ сверх планируемого водопотребления неэнергетическими отраслями народного хозяйства может быть использован на орошение земель путем его подачи в р. Терек для аккумулирования и перерегулирования по графику ирригационного водопотребления.

Таблица 6.6

Влияние регулирования стока Сулака на водообеспечение неэнергетических отраслей

Показатель	Суммарное водопотребление неэнергетических отраслей при ограничении рыбного хозяйства		Сток реки в год 75%-ной обеспеченности				
			в естественных условиях	при зарегулированном стоке			
				Чиркейским и Миатлинским гидроузлами		Чиркейским, Миатлинским и Ирганайским гидроузлами	
	1990 г.	2000 г.		1990 г.	2000 г.	1990 г.	2000 г.
Среднемесячный расход, м³/с	53,3	59,0	43,1	109,0	93,5	117,0	99,0
январь	53,5	59,0	44,6	113,0	95,2	119,0	102,0
февраль	72,1	77,8	47,1	117,0	96,5	122,0	103,0
март	105,8	117,9	100,0	121,0	118,0	123,0	118,0
апрель	226,1	248,7	226,0	226,1	249,0	226,1	249,0
май	250,7	282,3	388,0	251,0	282,0	251,0	282,0
июнь	202,7	229,3	366,0	203,0	229,0	203,0	229,0
июль	196,6	223,2	256,0	197,0	223,0	197,0	223,0
август	135,6	154,1	145,0	136,0	154,0	136,0	154,0
сентябрь	71,2	82,1	90,7	102,0	90,5	111,0	96,5
октябрь	53,7	59,4	65,6	104,0	91,5	113,0	96,1
ноябрь	53,3	59,0	52,4	106,0	92,5	114,0	98,0
декабрь							
Среднегодовой расход, м³/с	123,7	137,5	155,0	149,0	151,0	152,5	154,0
Годовой объем, млн м³	3891	4345	4883	4694	4757	4804	4851

В настоящее время этот вариант использования стока принят в качестве основного. Вместе с тем попуск 0,9 км³ может быть использован и для рыбного хозяйства (естественные нерестилища) за счет соответствующего сокращения ирригационного водопотребления в летний период из Сулака.

Эффект регулирования стока Сулака Чиркейским, Миатлинским и Ирганайским гидроузлами, рассчитанный по абсолютной и относительной эффективности ирригации, оценивается по долевому участию Минводхоза СССР в строительстве названных гидроузлов в размере 70 млн. руб., в том числе по Чиркейскому гидроузлу — 45 млн. руб., по Ирганайскому 25 млн. руб. Следует отметить, что при строительстве Чиркейской ГЭС указанное долевое участие Минводхоза СССР не реализовано, что было обусловлено, с одной стороны, высокой экономической эффективностью Чиркейской ГЭС как чисто энергетического объекта, с другой — недооценкой при проектировании этого гидроузла важности для гидроэнергетики в целом комплексного подхода к использованию водных ресурсов. Не учитывалась в должной мере и роль Чиркейской ГЭС в развитии производительных сил Дагестана (имеется в виду отсутствие долевого участия других министерств и ведомств в строительстве гидроузла).

Указанный пробел был частично восполнен при технико-экономическом обосновании строительства Ирганайского комплексного гидроузла, эффект от строительства которого учитывался не только в энергетике, но и в сельском хозяйстве, дорожном строительстве и местной промышленности. Ирганайская ГЭС установленной мощностью 800 МВт со среднемноголетней выработкой электроэнергии 1280 млн. кВт·ч предназначается для покрытия непрерывно возрастающей потребности в пиковых мощностях и выработке электроэнергии в объединенной энергетической системе Северного Кавказа. Водохранилище этого гидроузла, повышая эффект многолетнего регулирования стока Сулака, позволит накапливать ежегодно для нужд сельского хозяйства 130,0 млн. м³ воды, что даст возможность дополнительно оросить 23 тыс. га земель в низовьях Сулака и Терека.

Подъездная автодорога к Ирганайскому гидроузлу с тоннелем под Гимринским хребтом явится основным элементом коренной реконструкции транспортных связей горного Дагестана. Она обеспечит постоянную (не зависящую от погодных условий) и наиболее короткую транспортную связь девяти горных районов с Прикаспийской низменностью и железной дорогой. Производственные предприятия, жилой поселок, инженерные коммуникации, ЛЭП и другие сооружения, создаваемые при строительстве Ирганайского гидроузла, послужат основой для формирования местного территориально-производственного комплекса в составе: базы стройиндустрии, автотранспортных и авторемонтных предприятий, консервного завода, мясокомбината.

Строительство Ирганайского гидроузла, как и строительство Чиркейской ГЭС, вызовет приток населения из горных аулов в до-

лину Аварского Койсу, что будет способствовать решению большой социально-экономической задачи по использованию трудовых ресурсов республики. Энергетическое, дорожное, жилищное строительство в этом районе будут стимулировать развитие горно-добывающей промышленности.

Затраты на строительство Ирганайского комплексного гидроузла распределяются следующим образом: энергетика — 74 %, автотранспорт — 13 %, сельское хозяйство (ирригация) — 8,5 %, территориально-производственный комплекс — 4,5 %. Коэффициент эффективности капиталовложений в Ирганайский комплексный гидроузел составляет 0,128.

Рассмотренные в настоящей работе вопросы формирования водохозяйственного комплекса на Сулаке в связи с гидроэнергетическим строительством свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования планирования и экономического обоснования использования водных ресурсов, закрепления объемов и режимов водопотребления и водопользования в специальных законодательствах по отдельным рекам и их бассейнам и, наконец, разработки нормативов соотношения использования реки как природного ресурса для тех или иных отраслей (объектов) народного хозяйства и как элемента природной среды с учетом его роли в природном комплексе района, его места в цепи экологических связей, позволяющих оценивать ситуации освоения водных ресурсов как оптимальные, предельно допустимые и недопустимые.

6.3. Распределение затрат на мероприятия комплексного назначения между участниками ВХК

В настоящее время официальное признание получили два метода распределения затрат между участниками ВХК [130, 154, 187], которые явились результатом исследований многих ученых и специалистов в области гидроэнергетического строительства (Б. Л. Бабурин, Л. Г. Горулева, Е. А. Елохин, И. К. Смирнов, М. И. Сыроежин, М. П. Федоров, Д. С. Щавелев, Б. Л. Эрлихман и др.).

Первый и второй методы применяются соответственно при наличии и отсутствии данных по альтернативным (заменяемым) вариантам.

Сущность первого метода — обеспечение одинаковой степени снижения приведенных затрат для каждого участника ВХК во всех вариантах. Второй метод заключается в обеспечении одинаковой общей эффективности капитальных вложений для каждого участника ВХК. В обоих случаях принимается одинаковая норма ежегодных издержек по отношению к капитальным вложениям для всех участников комплекса.

Рассмотрим указанные методы на примере формирования ВХК на базе строительства комплексного гидроузла [130]. Задача состоит в том, чтобы распределить единовременные и ежегодные (текущие) затраты по гидроузлу (так называемые общие затраты)

между участниками комплекса. Отметим, что к общим затратам могут относиться не только затраты по гидроузлу, но и ряд других затрат, обеспечивающих комплексное использование и охрану водных ресурсов. К последним прежде всего относятся затраты на мероприятия по подготовке водохранилищ и нижних бьефов гидроузлов.

Распределение общих затрат, т. е. определение долевого участия различных министерств и ведомств в финансировании строительства комплексного гидроузла и в затратах на его эксплуатацию, позволяет установить технико-экономические показатели участников ВХК. От степени объективности решения этого вопроса во многом зависит экономическая заинтересованность водопользователей и водопотребителей в комплексном использовании и охране водотоков и водоемов как объектов природопользования. Сама же процедура расчетов конечных количественных (стоимостных) показателей должна явиться одним из главных экономических рычагов и стимулов для хозрасчетных предприятий в решении этой важной для народного хозяйства задачи.

Итак, по первому методу капитальные вложения и ежегодные издержки по гидроузлу, относимые на i-го участка ВХК, рекомендуется определять по следующим формулам [130]:

$$\overline{K}_i^{\text{г}} = \frac{\alpha\left(E_{\text{н}}\overline{K}_i^{\text{а}} + \overline{И}_i^{\text{а}}\right) - E_{\text{н}}\overline{K}_i - \overline{И}_i}{E_{\text{н}} + w}; \tag{6.8}$$

$$\overline{И}_i^{\text{г}} = \overline{K}_i^{\text{г}} w, \tag{6.9}$$

где $\overline{K}_i^{\text{г}}$, $\overline{И}_i^{\text{г}}$ — капитальные вложения и ежегодные издержки с учетом фактора времени, относимые на i-го участника; $\overline{K}_i^{\text{а}}$, $\overline{И}_i^{\text{а}}$ — то же по альтернативному варианту i-го участника; $\overline{K}_i$, $\overline{И}_i$ — то же в условиях ВХК; α — коэффициент снижения приведенных затрат; w — отношение ежегодных издержек ($\overline{И}_{\text{г}}$) к капитальным вложениям ($\overline{K}_{\text{г}}$) по гидроузлу с учетом фактора времени; $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент сравнительной эффективности. Коэффициент снижения приведенных затрат определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{E_{\text{н}}\left(\overline{K}_{\text{г}} + \sum_{i=1}^{n}\overline{K}_i\right) + \overline{И}_{\text{г}} + \sum_{i=1}^{n}\overline{И}_i}{E_{\text{н}}\sum_{i=1}^{n}\overline{K}_i^{\text{а}} + \sum_{i=1}^{n}\overline{И}_i^{\text{а}}}, \tag{6.10}$$

где $i = 1, 2, 3, \ldots, n$ участников ВХК.

В практике [130] для гидроузлов, проектируемых в районах Крайнего Севера и приравненных к ним районах, а также для гидроузлов, оказывающих большое влияние на развитие и разме-

щение производительных сил, формирование инфраструктуры района и решающих в комплексе ряд народнохозяйственных задач (энергетики, ирригации, транспорта, борьбы с наводнениями и т. д.), нормативный коэффициент сравнительной эффективности принимается $E_н = 0{,}08$ для всех участников ВХК (ТПК) и для альтернативных вариантов, решающих аналогичные задачи.

Фактические капитальные вложения по гидроузлу каждого участника строительства определяются пропорционально коэффициенту $x_г$:

$$x_г = \frac{K_г}{\overline{K}_г}, \tag{6.11}$$

где $K_г$ — сметная стоимость строительства гидроузла.

Аналогично определяется коэффициент для расчета ежегодных издержек каждого участника:

$$y_г = \frac{И_г}{\overline{И}_г}. \tag{6.12}$$

Фактические отраслевые затраты (без гидроузла) определяются проектом и сметой.

Приведем примеры распределения затрат между участниками ВХК по изложенному методу.

Пример. 1. Проектируемый гидроузел с $K_г = 1035{,}1$ млн. руб. и $И_г = 14{,}8$ млн. руб. является комплексным, решающим задачи отраслей *А*, *Б*, *В*, *Г*. Капитальные вложения и ежегодные издержки с учетом фактора времени по ВХК и альтернативному варианту приведены в табл. 6.7.

Таблица 6.7

Расчет приведенных затрат

Вариант	Затраты с учетом фактора времени		Приведенные затраты ($\overline{З} = 0{,}08\overline{K} + \overline{И}$)
	капитальные вложения ($\overline{K}_г$, $\overline{K}_i$)	ежегодные издержки ($\overline{И}_г$, $\overline{И}_i$)	
	ВХК		
Гидроузел	1123,1	14,3	104,15
А	21,7	3,0	4,74
Б	365,5	12,1	41,34
В	18,5	7,3	8,78
Г	5,9	4,0	4,47
Итого по ВХК	1534,7	40,7	163,48
	Альтернативный вариант		
А	540,0	43,75	86,95
Б	582,5	22,65	69,25
В	30,5	12,06	14,50
Г	11,3	5,55	6,45
Итого по альтернативному варианту	1164,3	84,01	177,15

возникает сомнение у участников ВХК в справедливости (объективности) распределения затрат по гидроузлу: ущемлены интересы отраслей А и В, в лучших условиях оказались отрасли Б и Г.

Следует отметить, что в рассмотренном методе не соблюдено требование Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений [206], в которой пункт 29 раздела III гласит: «В тех случаях, когда рассматриваемый вариант имеет комплексный характер, его эффективность определяется путем сравнения с альтернативными вариантами, решающими в соответствующих отраслях народного хозяйства те же задачи, что и комплексный вариант. В интересах хозяйственного расчета затраты на мероприятия комплексного назначения могут распределяться между отраслями, объединениями, предприятиями, входящими в состав комплекса. Приходящаяся на них доля затрат определяется пропорционально экономическому эффекту, получаемому ими благодаря комплексному решению данной задачи».

Экономическим эффектом в данном случае является снижение приведенных затрат по сравнению с затратами альтернативного варианта. При этом каждый участник получает различную долю эффекта от ВХК в целом. Естественно, что распределение приведенных затрат по гидроузлу между участниками комплекса должно осуществляться пропорционально эффекту, получаемому благодаря комплексному решению задачи.

В этом случае капитальные вложения и ежегодные издержки по гидроузлу, относимые на i-го участника ВХК, определяются по следующим формулам:

$$\overline{K}_i^{\text{г}} = \frac{(\overline{З}_i^{\text{а}} - \overline{З}_i^{\text{ВХК}})\,\overline{З}_{\text{г}}}{(\overline{З}_{\text{а}} - \overline{З}_{\text{ВХК}})(E_{\text{н}} + w)}; \qquad (6.13)$$

$$\overline{И}_i^{\text{г}} = \overline{K}_i^{\text{г}} w, \qquad (6.14)$$

где $\overline{З}_i^{\text{а}}$, $\overline{З}_i^{\text{ВХК}}$ — приведенные затраты с учетом фактора времени по i-му участнику соответственно в альтернативном варианте и в условиях ВХК; $\overline{З}_{\text{а}}$, $\overline{З}_{\text{ВКК}}$ — то же для всех участников комплекса; $\overline{З}_{\text{г}}$ — приведенные затраты с учетом фактора времени по гидроузлу.

В табл. 6.8 приведены результаты расчета по формулам (6.13), (6.14), которые показывают, что и в этом случае не обеспечивается равенство сравнительной эффективности для всех участников комплекса. Исправить указанное положение можно, приняв в качестве расчетного норматива проектируемый (планируемый) коэффициент сравнительной эффективности по ВХК в целом, а именно: $E_{\text{н}} = Э_{\text{ВХК}} = 0{,}117$. Введя этот норматив в формулу (6.13) и используя его для определения приведенных затрат, получим, по нашему мнению, объективное распределение комплексных затрат между

Таблица 6.8

Распределение комплексных затрат пропорционально экономическому эффекту

Отрасль	Приведенные затраты, млн руб $\overline{З}_i = 0{,}08\overline{К}_i + \overline{И}_i$		Эффект (гр. 3—гр. 2)		Приведенные затраты по гидроузлу, млн руб	Распределение затрат по гидроузлу с учетом фактора времени, млн руб		Затраты по ВХК, млн руб		Коэффициент сравнительной эффективности
	ВХК	альтернативный вариант	млн руб	%		капитальные вложения	ежегодные издержки	капитальные вложения	ежегодные издержки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А	4,74	86,95	82,21	69,78	72,68	783,75	9,98	805,45	12,98	0,116
Б	41,34	69,25	27,91	23,69	24,67	266,03	3,39	631,53	15,49	0,146
В	8,78	14,50	5,72	4,85	5,05	54,45	0,69	72,95	7,99	0,096
Г	4,47	6,45	1,98	1,68	1,75	18,87	0,24	24,77	4,24	0,097
Всего	59,33	177,15	117,82	100,00	104,15	1123,10	14,30	1534,70	40,70	0,117

отдельными отраслями народного хозяйства (табл. 6.9, 6.10). Авторы считают, что такое дополнение к п. 29 раздела III Типовой методики определения экономической эффективности капитальных вложений [206] является необходимым.

Таблица 6.9

Распределение комплексных (общих) затрат по методу обеспечения равной сравнительной эффективности для всех участков ВХК

Отрасль	Приведенные затраты, млн руб. $(\overline{З}_i = Э_{ВХК} + \overline{К}_i + \overline{И}_i)$		Эффект (гр. 3—гр. 2)		Приведенные затраты по гидроузлу, млн руб	Распределение затрат по гидроузлу с учетом фактора времени, млн руб.	
	ВХК	альтернативный	млн руб	%		капитальные вложения	ежегодные издержки
1	2	3	4	5	6	7	8
А	5,54	106,89	101,35	69,60	101,35	781,66	9,95
Б	54,84	90,76	35,92	24,67	35,92	277,03	3,53
В	9,46	15,63	6,17	4,24	6,17	47,60	0,61
Г	4,69	6,87	2,18	1,49	2,18	16,81	0,21
Всего	74,53	220,15	145,62	100	145,62	1123,10	14,3

Таблица 6.10

Распределение затрат с учетом фактора времени (млн руб.) при одинаковом коэффициенте экономической эффективности ВХК (0,117)

Отрасль	ВХК		Альтернативный вариант	
	капитальные вложения	ежегодные издержки	капитальные вложения	ежегодные издержки
А	803,36	12,95	540,0	43,75
Б	642,53	15,63	582,5	22,65
В	66,10	7,91	30,5	12,06
Г	22,71	4,21	11,3	5,55
Всего	1534,7	40,7	1164,3	84,01

Фактические затраты (долевое участие отраслей в строительстве гидроузла и его эксплуатации) определяются по изложенному выше принципу, т. е. с помощью формул (6.11), (6.12).

Рассмотрим еще один аспект проблемы. Как известно Типовой методикой [206] установлено, что при необходимости стимулирования технического прогресса, учета неодинаковых уровней зара-

ботной платы (зональных и отраслевых), различий уровня цен, долговременности строительных программ и районных различий для отдельных районов и отраслей допускаются отклонения от установленного для народного хозяйства нормативного коэффициента эффективности ($E_н=0{,}12$), которые определяются отраслевыми инструкциями по согласованию с Госпланом СССР. При этом нормативный коэффициент сравнительной эффективности должен быть в пределах $0{,}08 < E_н < 0{,}25$. Этот норматив может пересматриваться, что необходимо приурочить к периодам составления пятилетних планов.

Допустим, что в приведенном выше примере, где фактический коэффициент сравнительной эффективности проектом определен $Э_{ВХК}=0{,}117$, для данного района (объекта природопользования) установлены следующие $E_н$ по отдельным отраслям народного хозяйства: $E^{А}_{н}=0{,}08$; $E^{Б}_{н}=0{,}10$; $E^{В}_{н}=0{,}12$; $E^{Г}_{н}=0{,}15$. В этом случае распределение затрат комплексного назначения может осуществляться с учетом отраслевых нормативов по следующим формулам:

$$\overline{K}^{г}_{i}=\frac{k_E E_{н_i}\left(\overline{K}^{а}_{i}-\overline{K}^{ВХК}_{i}\right)+\left(\overline{И}^{а}_{i}-\overline{И}^{ВХК}_{i}\right)}{k_E E_{н_i}+w}; \tag{6.15}$$

$$\overline{И}^{г}_{i}=\overline{K}^{г}_{i}w, \tag{6.16}$$

где $\overline{K}^{а}_{i}$, $\overline{K}^{ВХК}_{i}$ — единовременные капитальные вложения в i-й отрасли соответственно в альтернативном варианте и в условиях ВХК с учетом фактора времени; $\overline{И}^{а}_{i}$, $\overline{И}^{ВХК}_{i}$ — годовые издержки производства для тех же вариантов; $E_{н_i}$ — отраслевой норматив сравнительной эффективности i-го участника ВХК; k_E — коэффициент учета эффекта по ВХК в целом.

Коэффициент учета эффекта по ВХК в целом есть отношение фактического (проектного) коэффициента сравнительной эффективности к средневзвешенному нормативному коэффициенту ВХК:

$$k_E=\frac{Э_{ВХК}}{E_{нс}}\gtrless 1. \tag{6.17}$$

Естественно, что при $E_{нс}=Э_{ВХК}$ $k_E=1$.

Средневзвешенный нормативный коэффициент сравнительной эффективности определяется по следующей формуле:

$$E_{нс}=\frac{\sum\limits_{i=1}^{n}E_{н_i}\left(\overline{K}^{а}_{i}-\overline{K}^{ВХК}_{i}\right)}{\sum\limits_{i=1}^{n}\left(\overline{K}^{а}_{i}-\overline{K}^{ВХК}_{i}\right)}. \tag{6.18}$$

С использованием исходных данных, помещенных в табл. 6.9, по формулам (6.17), (6.18) определено, что в рассмотренном выше примере $E_{н\,с}=0{,}0869$, что меньше $Э_{ВХК}=0{,}1169$. Отсюда $k_E=1{,}345$.

В табл. 6.11 даны итоговые показатели, рассчитанные по рассмотренному методу, который обеспечивает соблюдение следую-

Таблица 6.11

Распределение затрат комплексного назначения по методу обеспечения отраслевого норматива сравнительной экономической эффективности с учетом эффекта по ВХК в целом

Отрасль	Приведенные затраты, млн руб. $\overline{З}_i = k_E E_{н_i} \overline{К}_i + \overline{И}_i$		Эффект гр. 3—гр. 2		Приведенные затраты по гидроузлу, млн руб.	Распределение затрат по гидроузлу с учетом фактора времени, млн руб.		Коэффициент сравнительной эффективности
	ВХК	альтернативный вариант	млн руб.	%		капитальные вложения	ежегодные издержки	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	5,3	101,9	96,6	66,3	96,6	802,8	10,22	0,107
Б	61,3	101,0	39,7	27,3	39,7	269,7	3,44	0,135
В	10,3	17,0	6,7	4,6	6,7	38,5	0,49	0,161
Г	5,2	7,8	2,6	1,8	2,6	12,1	0,15	0,209
Всего	82,1	227,7	145,6	100,0	145,6	1123,1	14,30	0,117

щих основных требований при определении долевого участия в строительстве и эксплуатации объектов комплексного назначения: 1) учет экономического эффекта в целом по ВХК; 2) учет экономического эффекта по показателю снижения приведенных затрат по сравнению с затратами альтернативного варианта для каждой отрасли; 3) учет отраслевых нормативов сравнительной экономической эффективности; 4) соблюдение нормативного соотношения в показателях сравнительной экономической эффективности по отраслям (объектам) в условиях ВХК.

Применяемый в настоящее время второй метод заключается в определении доли комплексных затрат, относимых на i-го участника ВХК, по следующим формулам:

$$\overline{К}_i^{г} = \frac{\overline{Ц}_i - \overline{И}_i - Э_{п}^{ВХК}\overline{К}_i}{Э_{п}^{ВХК} + w}; \qquad (6.19)$$

$$\overline{И}_i^{г} = \overline{К}_i^{г} w, \qquad (6.20)$$

где $\overline{Ц}_i$, $\overline{И}_i$, $\overline{К}_i$ — соответственно стоимость годового выпуска продукции в оптовых ценах, ежегодные издержки на производство продукции в единовременные капитальные вложения с учетом фактора времени в i-й отрасли; $Э_{п}^{ВХК}$ — коэффициент общей (абсолютной) эффективности капитальных вложений в создание ВХК; w — отношение ежегодных издержек к капитальным вложениям

по комплексным объектам (мероприятиям), к которым относится и гидроузел, решающий несколько народнохозяйственных задач.

Коэффициент эффективности определяется:

$$Э_{\text{п}}^{\text{ВХК}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\overline{Ц}_i - \overline{И}_i) - \overline{И}_{\text{г}}}{\sum_{i=1}^{n} \overline{К}_i + \overline{К}_{\text{г}}}. \qquad (6.21)$$

Пример 2. Гидроузел комплексного назначения характеризуется следующими показателями (табл. 6.12).

Таблица 6.12

Основные технико-экономические показатели по ВХК

Состав ВХК	Затраты с учетом фактора времени		Стоимость годового выпуска продукции с учетом фактора времени
	капитальные вложения	ежегодные издержки	
Гидроузел	320	3,5	—
Отрасль *А*	25	2,0	50,0
Отрасль *Б*	15	5,0	16,0
Итого	360	10,5	66,0

Общая эффективность ВХК за счет ежегодной прибыли составит:

$$Э_{\text{п}}^{\text{ВХК}} = \frac{50 + 16 - 2{,}0 - 5{,}0 - 3{,}5}{25 + 15 + 320} = 0{,}154167.$$

$$w = 3{,}5 : 320 = 0{,}0109375;$$

$$Э_{\text{п}}^{\text{ВХК}} + w = 0{,}165104.$$

Распределение затрат по гидроузлу:

отрасль *А*

$$\overline{К}_A^{\text{г}} = \frac{50 - 2 - 0{,}154\,167 \cdot 25}{0{,}165104} = 267{,}4 \text{ млн руб.};$$

$$\overline{И}_A^{\text{г}} = 267{,}4 \cdot 0{,}0109375 = 2{,}92 \text{ млн руб.};$$

отрасль *Б*

$$\overline{К}_Б^{\text{г}} = \frac{16 - 5 - 0{,}154167 \cdot 15}{0{,}165104} = 52{,}6 \text{ млн руб.};$$

$$\overline{И}_Б^{\text{г}} = 52{,}6 \cdot 0{,}0109375 = 0{,}58 \text{ млн руб.}$$

Проверяется общая эффективность каждого участника ВХК при указанном распределении затрат.

$$Э_{п}^{А} = \frac{50 - 2 - 2{,}92}{267{,}4 + 25} = 0{,}154;$$

$$Э_{п}^{Б} = \frac{16 - 5 - 0{,}58}{52{,}6 + 15} = 0{,}154.$$

Как видно, этот метод удобен для расчетов; результаты расчетов создают впечатление объективности принимаемых решений по определению долевого участия отраслей в строительстве и эксплуатации комплексных объектов и мероприятий. Однако, по мнению авторов, это не может служить основанием для его применения по следующим причинам.

1. Как уже отмечалось, согласно Типовой методике долевое участие должно определяться пропорционально эффекту, выявленному в результате сравнения с альтернативными вариантами. Это обстоятельство, видимо, послужило основанием тому, что в проектной практике этот метод рекомендуется применять только при отсутствии данных по альтернативным мероприятиям [130], т. е. в крайне редких (особых) случаях.

2. Как показывают исследования авторов для большого числа проектов комплексных гидроузлов и имеющиеся публикации [130, 154], результаты расчетов по этому методу отличаются от результатов расчета по первому методу, что обусловливает несопоставимость проектных решений по освоению водных ресурсов.

3. Обоснование применения рассматриваемого метода возможным отсутствием альтернативных вариантов при освоении водотоков и водоемов как объектов природопользования, неприемлемо, так как это означает, что выполнение расчетов сравнительной эффективности для выбора оптимального решения необязательно. Это противоречит основным положениям Типовой методики.

Ставя под сомнение применение этого метода, авторы, естественно не отрицают необходимости расчетов абсолютной эффективности затрат на создание ВХК в целом, в том числе в разрезе отдельных отраслей (объектов), входящих в этот комплекс и принимающих долевое участие в строительстве и эксплуатации комплексных объектов. Отметим, что в этом случае, согласно Типовой методике, не требуется соблюдения принципа равной для всех абсолютной экономической эффективности, важное значение приобретает разработка нормативов абсолютной эффективности затрат в создание ВХК в зависимости от состава отраслей и с учетом экологических и социальных ограничений. Для отдельных же отраслей должно быть соблюдено условие: $Э_{ф} \leqslant \varepsilon_{н}$. Этот вопрос, как было показано в п. 4.1, решается при экономической оценке водотоков и водоемов как объектов природопользования.

В заключение отметим, что распределение комплексных затрат может осуществляться пропорционально используемому объему

воды. Однако этот простой метод не нашел широкого применения, так как до сих пор не имеется официальной методики учета того факта, что при регулировании стока рек гидроузлами участники ВХК разделяются, как правило, на две группы: первая, зависящая и от расхода воды, и от напора, с которым вода подается на их сооружения; вторая, зависящая от расхода, но не зависящая от напора воды. Проблема заключается в том, чтобы выделить ту долю затрат, которая обусловлена требованиями к напору воды отдельных участников комплекса и в первую очередь ГЭС. Этот пробел частично решен в работах [38, 78], основные положения которых изложены в п. 6.4.

6.4. Определение долевого участия в затратах на комплексные мероприятия по регулированию речного стока гидроузлами для предприятий, не требующих обеспечения напора воды (на примере размещения ТЭС и АЭС на водохранилищах ГЭС)

Общие затраты по регулированию речного стока определяются суммарными затратами на строительство плотины и водохранилища, а также на мероприятия, осуществляемые в связи с изменением водного режима реки в нижнем бьефе гидроузла.

Для гидроэнергетики, как известно, производственной функцией является мощность ГЭС (N), зависящая от следующих факторов (показателей):

$$N(t) = 9{,}81 Q(t) H(t) \eta_{\text{т}}(t) \eta_{\text{г}}(t),$$

где $Q(t)$ — расход воды, используемой ГЭС для получения электроэнергии; $H(t)$ — подведенный к турбинам напор, определяемый разностью уровней верхнего и нижнего бьефов с учетом гидравлических потерь; $\eta_{\text{т}}(t)$ — кпд турбин; $\eta_{\text{г}}(t)$ — кпд генераторов.

ТЭС и АЭС относятся к предприятиям, основная производственная функция которых в меньшей степени зависит от напора, с которым вода подается на их сооружения. В связи с этим при распределении общих затрат на регулирование речного стока между участниками комплекса необходимо выделить ту долю затрат, которая обусловлена требованиями к напору воды отдельных участников комплекса. Для этого следует рассмотреть нормативные уровни отметок плотины и соответствующие им объемы водохранилища, так как именно эти характеристики и определяют стоимостные показатели плотины и водохранилища, включая нижний бьеф гидроузла [38].

Применительно к рассматриваемой задаче можно ограничиться исследованием двух нормативных уровней и объемов водохранилища: нормальным подпорным уровнем (НПУ); уровнем мертвого объема (УМО); полным объемом водохранилища (V_0); мертвым объемом водохранилища ($V_{\text{м}}$); полезным (рабочим) объемом водохранилища ($V_{\text{п}}$).

Допустим, что регулирующее водохранилище проектируется в двух вариантах: I — с энергетическим использованием водотока на ГЭС; II — с использованием его только для целей водоснабжения теплоэнергетики. Отметки УМО для обоих вариантов как бы распадаются на две составляющие: 1) общая часть отметки, которая соответствует объему заиления и требованиям санитарно-технических условий; 2) индивидуальная часть отметки, которая определяется требованиями отдельных участников комплекса.

Решающим условием при выборе отметки УМО в I варианте является обеспечение заданного технико-экономическими расчетами напора. Заметим, что здесь отметка $УМО^{I}$, а следовательно, и мертвый объем во много раз превышают емкость, необходимую по условиям заиления и санитарно-техническим требованиям за длительный период. Это связано с тем, что допускаемое снижение напора на ГЭС не должно превышать 20—30 % полного напора [134]. Во II варианте, наоборот, отметка $УМО^{II}$ устанавливается значительно ниже, исходя лишь из условий охлаждения поверхности нагрева водохранилища в наиболее неблагоприятный период (самый жаркий месяц), ввиду того что в это время отмечается малая площадь зеркала водохранилища и высокая температура воды. Кроме того, положительным моментом этого варианта является следующий факт: в холодный период года санитарно-гигиенические ограничения для глубин соблюдать не следует, поэтому на случай перебоя подачи воды и для его устранения рекомендуется сработка водохранилища ниже $УМО^{II}$ до некоторого предельно низкого минимального горизонта воды (МГВ). Тогда всю емкость между $УМО^{II}$ и МГВ можно рассматривать как резерв повышения водоснабжения ТЭС (АЭС) и других потребителей без увеличения полезной емкости водохранилища.

С учетом изложенного можно записать:

$$\left.\begin{array}{l} УМО^{I} \gg УМО^{II} \\ V_{м}^{I} \gg V_{м}^{II} \end{array}\right\} \text{ при } V_{п}^{I} = V_{п}^{II},$$

где $УМО^{I}$, $V_{м}^{I}$, $V_{п}^{I}$ — соответственно отметка горизонта мертвого объема, мертвый и полезный объемы по I варианту; $УМО^{II}$, $V_{м}^{II}$, $V_{п}^{II}$ — то же по II варианту.

Коэффициент, позволяющий учесть уменьшение мертвого объема:

$$k = \frac{V_{м}^{I} - V_{м}^{II}}{V_{м}^{I}} = \frac{\Delta V_{м}}{V_{м}^{I}}.$$

Значению $\Delta V_{м}$ соответствует определенное значение отметки УМО, которое находится на основании зависимости $H = f(V_0)$. Уменьшение мертвого объема $\Delta V_{м}$ позволит снизить отметку НПУ на Δ УМО при неизменном полезном объеме $V_{п}$:

$$НПУ^{II} = НПУ^{I} - \Delta УМО.$$

С понижением отметки НПУ уменьшаются затраты на строительство плотины и водохранилища за счет снижения размеров затопления и подтопления территорий, а также отрицательных воздействий в зоне нижнего бьефа гидроузла. При этом коэффициент, позволяющий учесть снижение площади затопляемой территории, составит:

$$f = \frac{F^{I} - F^{II}}{F^{I}} = \frac{\Delta F}{F^{I}}.$$

Приведенные затраты на регулирование речного стока включают следующие:

$$З_{рег} = (И_{пл} + И_{в} + И_{нб}) + E_{н}(К_{пл} + К_{в} + К_{нб}),$$

где $К_{пл}$, $К_{в}$, $К_{нб}$, $И_{пл}$, $И_{в}$, $И_{нб}$ — капитальные вложения и эксплуатационные затраты по плотине, водохранилищу и нижнему бьефу гидроузла.

Затраты, относимые на участников в варианте комплексного использования водохранилища ГЭС, не требующих обеспечения напора, составят:

$$К^{к}_{пл} = К_{пл}\frac{\Delta V_{м}}{V^{I}_{м}} k_{пл};$$

$$К^{к}_{в} = К_{в}\frac{\Delta F}{F^{I}} k_{обж};$$

$$К^{к}_{нб} = К_{нб}\frac{\Delta V_{м}}{V^{I}_{м}} k_{нб};$$

$$И^{к}_{пл} = И_{пл}\frac{\Delta V_{м}}{V^{I}_{м}} k_{пл};$$

$$И^{к}_{в} = И_{в}\frac{\Delta F}{F^{I}} k_{обж};$$

$$И^{к}_{нб} = И_{нб}\frac{\Delta V_{м}}{V^{I}_{м}} k_{нб},$$

где $k_{пл}$ — коэффициент, учитывающий нелинейную зависимость затрат на строительство плотины от объема водохранилища (зависит от топографических, геологических и других характеристик створа гидроузла и типа плотины); $k_{обж}$ — коэффициент, учитывающий нелинейную зависимость затрат от площади затопления (зависит от «обжитости» различных по высоте участков территории, отводимой под водохранилище); $k_{нб}$ — коэффициент, учитывающий нелинейную зависимость влияния изменения водного режима реки на приречные территории в нижнем бьефе гидроузла (зависит от объема водохранилища и режима регулирования стока).

Указанные коэффициенты определяются графоаналитическим методом по проектным данным (вариантам) путем построения зависимостей, приведенных на рис. 6.1.

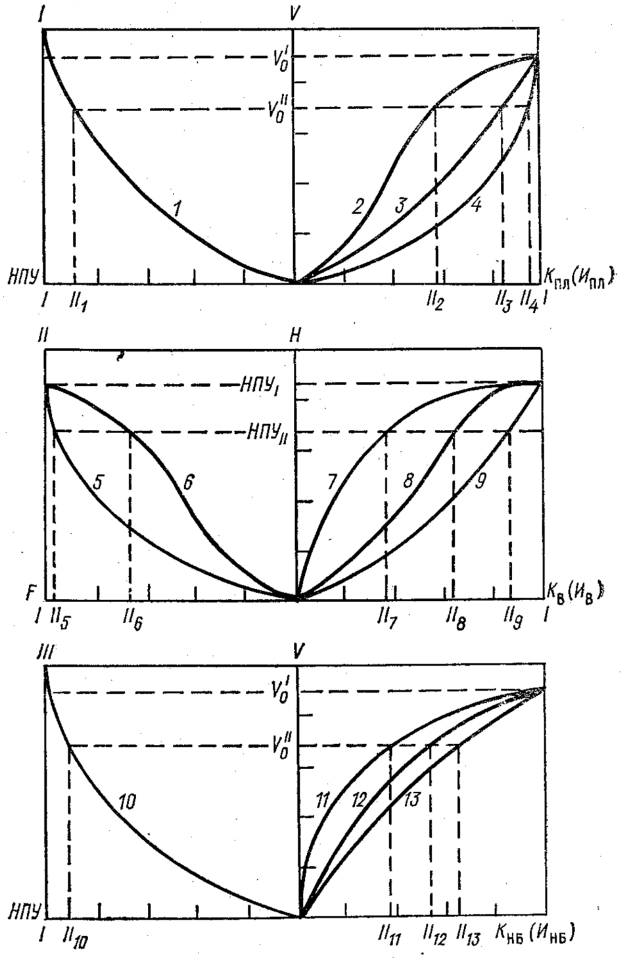


Рис. 6.1. Графические зависимости для определения $k_{пл}$, $k_в$, $k_{нб}$.

V — объем водохранилища, H — отметки НПУ, F — площадь водохранилища.
$K_{пл}$ и $И_{пл}$, $K_в$ и $И_в$, $K_{нб}$ и $И_{нб}$ — соответственно единовременные и текущие затраты по плотине, водохранилищу и нижнему бьефу гидроузла; *1, 10* — $V=f(H)$; *2—4* — $K_{пл}(И_{пл})=f(V, H)$; *5—6* — $F=f(H)$; *7—9* — $K_в(И_в)=f(H, F)$; *11—13* — $K_{нб}(И_{нб})=f(V)$.

Итак, затраты, относимые на участников комплекса, не требующих обеспечения напора, определяются следующим образом:

$$З^к_{рег}=(И^к_{пл}+И^к_в+И^к_{нб})+E_н(K^к_{пл}+K^к_в+K^к_{нб}).$$

В этом случае затраты на гарантированное водоснабжение ТЭС и АЭС, использующих водохранилища комплексного назначения, определяются по следующей формуле:

$$\Delta З_{\text{всн}} = \frac{З^{\text{к}}_{\text{рег}}}{\Delta w_{P_i}} V_0^{\text{II}},$$

где Δw_{P_i} — прирост гарантированной водоподачи заданной обеспеченности в результате зарегулирования речного стока; V_0^{II} — объем воды, заключенный между дном и зеркалом водохранилища при НПУ$^{\text{II}}$.

Под приростом водоподачи понимается разность расчетных отдач реки в зарегулированных и естественных условиях заданной обеспеченности:

$$\Delta w_{P_i} = w^{\text{рег}}_{P_i} - w^{\text{е}}_{P_i} = \frac{Q_{\text{рег}}}{Q_0} W_0 - 31{,}5 \cdot 10^6 Q^{\text{зм}}_{P_i},$$

где $Q_{\text{рег}}$ — зарегулированный расход воды; Q_0 — средний многолетний расход воды; W_0 — средний многолетний объем годового стока; $Q^{\text{зм}}_{P_i}$ — минимальный месячный расход зимней межени; $31{,}5 \cdot 10^6$ — число секунд в году.

Далее, руководствуясь принципами распределения затрат водохозяйственного комплекса между его участниками, изложенными в работе [202], определяем затраты на водоснабжение ТЭС (АЭС) пропорционально используемому объему воды

$$\Delta З^{\text{ТЭС (АЭС)}}_{\text{всн}} = \Delta З_{\text{всн}} \frac{W^{\text{ТЭС (АЭС)}}}{\sum_{j=1}^{m} W_j},$$

где $\sum_{j=1}^{m} W_j$ — общий объем воды, используемый водопотребителями и водопользователями; $W^{\text{ТЭС (АЭС)}}$ — объем воды, используемый ТЭС (АЭС).

Предлагаемый метод определения затрат, которые должны возмещать ТЭС и АЭС в связи с регулированием речного стока, объем которого гарантирует им надежную и бесперебойную подачу воды, позволит повысить обоснованность принимаемых решений: при выборе системы технического водоснабжения и при определении фактической эффективности использования действующих (проектируемых) водохранилищ ГЭС как комплексных объектов народного хозяйства.

Заключение

Экономическая оценка водотоков и водоемов как объектов природопользования есть прежде всего их оценка как источников природных условий жизнеобеспечения человека, как средства производства и предмета труда, кладовой полезных ископаемых и сырья, пространственного базиса размещения производства, как комплекса природных факторов, обусловливающих формирование и развитие растительного и животного мира, с целью оптимального использования в народном хозяйстве в интересах всех членов общества. Предложенная вниманию читателей методологическая схема оценки объекта природопользования включает экологическую оценку природной среды, социальную оценку природной среды и природных ресурсов, экономическую оценку природных ресурсов. Придавая этим оценкам известную самостоятельность, обусловленную спецификой решаемых народнохозяйственных задач, а отсюда и различием предмета, критерия и показателей оценок, различием методологии и практики проведения оценочных работ и, наконец, различной степенью участия в этих работах тех или иных областей знания, мы рассматриваем их как единое целое в решении проблемы общество—природа, как взаимообусловливающие друг друга и неотделимые друг от друга.

Основные результаты проведенных исследований заключаются в следующем.

Обоснованы методологические принципы экологической, социальной и экономических оценок объектов природопользования; исследованы особенности водотоков и водоемов как важнейших составляющих природного базиса общества и на этой основе сформулирована задача учета водного фактора в хозяйственной деятельности человека.

Разработаны методологические принципы установления взаимосвязей водотоков, водоемов и окружающих территорий и их учета при принятии проектных решений по освоению водных и земельных ресурсов; исследована экологическая, социальная и экономическая (отраслевая) полезность потребительских свойств водотоков, водоемов и окружающих территорий, что положено в основу классификации природных и экономических факторов с точки зрения их положительного и отрицательного влияния на экосистему и производственную деятельность различных водопользователей, водопотребителей и землепользователей; определено поня-

тие качества водотока и водоема как элемента природной среды и как природного ресурса, что необходимо для установления нормативных природоохранных и хозяйственных требований к освоению водных ресурсов и территорий в поймах рек и озер; определены основные эколого-экономические последствия регулирования стока рек гидроузлами и разработана принципиальная схема мероприятий по освоению водных ресурсов, в основу которой положены следующие классификационные признаки: на что направлены мероприятия; содержание мероприятий; где и когда осуществляются мероприятия; способ локализации возможных отрицательных последствий; степень (характер) воздействия на объект природопользования.

Дано теоретическое и методологическое обоснование необходимости социально-экономической оценки отчуждений, обусловленных освоением водотоков, водоемов и окружающих территорий; под отчуждением понимается изъятие или ухудшение качества элементов природной среды, природных ресурсов и основных фондов при строительстве и эксплуатации объектов народного хозяйства, приводящие к нарушению сложившегося равновесия в хозяйстве и природе. Разработаны методика проведения оценочных работ и укрупненные показатели стоимости отчуждения природных ресурсов, элементов природной среды и основных фондов народного хозяйства.

Разработаны методологические основы экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования, состоящей из пяти этапов, являющихся последовательным улучшением модели экологии и экономики пространственно ограниченного комплекса для данного природно-экономического района; разработан графоаналитический метод учета водного фактора в хозяйственной деятельности человека в пределах объекта природопользования, в частности, при принятии проектных решений по регулированию стока рек гидроузлами комплексного назначения.

Исследованы методологические аспекты постановки и решения задач эколого-экономического обоснования водоохранных мероприятий в условиях определенности, риска и неопределенности; разработаны математические модели для выбора оптимальных решений по защите водотоков и водоемов от загрязнения; обоснованы методические принципы оптимального планирования водоохранной деятельности; предложены практические методы технико-экономических расчетов по обоснованию многоцелевых водоохранных мероприятий на примере теплового загрязнения водотоков и водоемов при размещении на них ТЭС и АЭС; предложен метод построения эколого-экономических балансов для получения нормативных оценок оптимального плана и приведения рассматриваемых вариантов к тождественным результатам.

Реализованы основные принципы методики экономической оценки использования важнейших видов природных ресурсов, разработанной комиссией АН СССР под руководством академика Н. П. Федоренко, для формирования оптимального плана

Список литературы

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. 1, с. 382.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 298.
3. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 290.
4. Материалы XXVII съезда КПСС.— М.; Политиздат, 1986.
5. Постановление Верховного Совета СССР «О соблюдении требований законодательства об охране природы и рациональном использовании природных ресурсов».— «Правда», 1985, № 185.
6. Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР.— М.: Энергия, 1977.— 400 с.
7. Автоматизация проектирования гидроэнергетических и водохозяйственных объектов. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции.— Л., ЛПИ, 1983.— 86 с.
8. Агесс П. Ключи к экологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1982.— 96 с.
9. Актуальные проблемы охраны окружающей среды/Под ред. Чумаченко Н. Г., Белашова Л. А.— Киев: Наук. думка, 1979.— 318 с.
10. Альхименко А. И., Симаков Г. В. Основные проблемы охраны вод шельфовой зоны морей и океанов.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Л., ЛПИ, 1977.
11. Андреянов В. Г. Внутригодовое распределение речного стока.— Л.: Гидрометеоиздат, 1960.— 327 с.
12. Аникеев В. А. и др. Технологические аспекты охраны окружающей среды.— Л.: Гидрометеоиздат, 1982.— 255 с.
13. Бабурин Б. Л., Бобров В. И., Вайнштейн Г. М. и др. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов/Под общ. ред. П. С. Непорожнего. 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоиздат, 1982.— 559 с.
14. Балацкий О. Ф. Экономика чистого воздуха. Киев: Наук. думка, 1979.— 295 с.
15. Балацкий О. Ф., Мельник Л. Г., Яковлев А. Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. Л.: Гидрометеоиздат, 1984.— 190 с.
16. Бахтиаров В. А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты.— Л.: Гидрометеоиздат, 1961.— 430 с.
17. Бахтиаров В. А., Вейнерт В. А. Оценка изменения степени зарегулированности стока рек СССР под влиянием водохранилищ.— Труды координ. совещ. по гидротехнике. Л., 1973, вып. 83, с. 21—30.
18. Беляев Л. С. Решения сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности.— Новосибирск: Наука, 1973.— 126 с.
19. Биологические ресурсы гидросферы: вопросы экономики/Отв. ред. Лемешев М. Я.— М.: Наука, 1985.— 262 с.
20. Благоверов Б. Г., Мирошкин П. М. Водообеспечение тепловых электростанций (основные положения и методы расчета потребления и отведения воды).— Водные ресурсы, 1974, № 2, с. 29—40.
21. Блехцин И. Я., Минеев В. А. Производительные силы СССР и окружающая среда.— М.: Мысль, 1981.— 214 с.
22. Брезнер А. С., Моисеев Н. Н., Ерешко Ф. И. Системный подход к исследованию проблемы межбассейновой переброски стока.— Водные ресурсы, 1981, № 1, с. 5—22.

23. Бронштейн М. Л. К вопросу о цене Земли.— Вопросы экономики, 1968, № 5.
24. Варанкин В. В. Методологические вопросы региональной оценки природных ресурсов.— М.: Наука, 1974.— 234 с.
25. Васильев Ю. С. Проектирование и строительство больших плотин. Вып. 7. Влияние плотин и водохранилищ на окружающую среду.— М.: Энергоиздат, 1982.— 141 с.
26. Васильев Ю. С., Зарубаев Н. В., Ракитский Ю. В. О моделировании экологических систем в связи с разработкой ЕВХС страны.— В кн.: Проблемы охраны и рационального использования природных ресурсов. Республиканская научно-техническая конференция. Л., 1976.
27. Васильев Ю. С., Хрисанов Н. И. Экологические аспекты гидроэнергетики.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1984.— 247 с.
28. Васильев Ю. С., Симаков Г. В., Альхименко А. И. Характеристика общей математической модели для управления качеством воды в крупных водохранилищах.— Гидротехническое строительство, 1983, № 8.
29. Вендров С. Л., Дьяконов К. Н. Водохранилища и окружающая природная среда.— М.: Наука, 1976.— 136 с.
30. Влияние водохранилищ ГЭС на хозяйственные объекты и природную среду. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания.— Л., ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1979.— 251 с.
31. Волковский П. А. Продуктивность лугов в пойме Волги в связи с изменением водного режима в нижнем бьефе Рыбинской ГЭС.— В кн.: Осушение и первичное освоение болот и заболоченных земель нечерноземной зоны. М.: Сельхозгиз, 1962, с. 88—106.
32. Воробьев Б. В. Борьба с наводнениями — важнейшее условие развития производительных сил Дальнего Востока.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, Л., 1970, вып. 59, с. 151—156.
33. Воробьев Б. В. Взаимосвязь экологических и экономических процессов при освоении водных ресурсов рек и озер.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, Л., 1975, вып. 102, с. 60—66.
34. Воробьев Б. В. Влияние изменения водного режима Енисея в нижнем бьефе Саянской ГЭС на продуктивность пойменных лугов.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, Л., 1973, вып. 83, с. 48—50.
35. Воробьев Б. В. Проблема формирования водохозяйственного комплекса на Сулаке в связи с гидроэнергетическим строительством.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике. Л., 1977, вып. 122, с. 23—31.
36. Воробьев Б. В. Об учете эколого-экономического равновесия в земельном фонде при регулировании стока рек гидроузлами.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике. Л., 1976, вып. 107, с. 37—40.
37. Воробьев Б. В., Жегалев Ю. П. Об улучшении режима уровней оз. Ильмень и р. Волхов для мелиорации и сельскохозяйственного освоения пойменных земель в связи с переброской стока.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике. Л., 1977, вып. 122, с. 37—42.
38. Воробьев Б. В., Косолапов Л. А. Метод расчета затрат на охрану окружающей среды при регулировании речного стока для гарантированного водоснабжения ТЭС и АЭС.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Л., 1983, вып. 6, с. 28—32.
39. Воронкин А. Ф., Долгов П. П. Экономика промышленности.— Л., ЛПИ, 1975.— 164 с.
40. Воропаев Г. В., Исмайлов Г. Х. Водные ресурсы районов Средней Азии и вопросы интенсификации их использования.— Проблемы освоения пустынь, 1982, № 1, с. 3—13.
41. Воропаев Г. В. Экономическая оценка ущерба сельскохозяйственного производства в связи с созданием водохранилищ и учет ее в проектных и плановых расчетах.— В кн.: Мелиорация земель в зоне влияния равнинных водохранилищ. М., 1974.
42. Воропаев Г. В. Единая водохозяйственная система страны.— Водные ресурсы, 1976, № 6.
43. Воскресенский К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза.— Л.: Гидрометеоиздат, 1962.— 545 с.

44. Временная типовая методика определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. М., 1983.— 1983.— 124 с.
45. Временная методика определения экономической эффективности затрат на мероприятия по охране окружающей среды.— М., 1981.— 69 с.
46. Гангардт Г. Г. Вопросы охраны окружающей среды при проектировании гидротехнических сооружений.— Труды Гидропроекта, 1982, № 82, с. 11—16.
47. Герасимович В. Н., Голуб А. А. Методологические вопросы оценки природных ресурсов и объектов природопользования.— В кн.: Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1984, вып. 39, с. 46—57.
48. Гофман К. Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. М.: Наука, 1977.— 234 с.
49. Гофман К. Г., Лемешев М. Я., Реймерс Н. Ф. Социально-экономические проблемы природопользования.— Экономика и математические методы. 1973, т. 9, вып. 5.
50. Гохштейн А. Б., Федоров Б. Г. Приближенная оценка издержек народного хозяйства при изменении судоходных условий на водохранилище.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, Л., 1973, вып. 83, с. 65—69.
51. Грушевский М. С. Волны попусков и паводков в реках.— Л.: Гидрометеоиздат, 1969.
52. Данилов В. К. Совершенствование хозяйственного механизма охраны окружающей среды. Хозяйственный механизм развитого социализма и пути его совершенствования.— М., 1984, с. 123—144.
53. Гусев А. А. Социально-экономические основы формирования безотходных производств.— В кн.: Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1984, вып. 39, с. 100—108.
54. Джикович В. Л., Полянский Е. В., Катран И. Т. и др. Об экономической оценке лесных ресурсов, изымаемых под объекты гидростроительства.— Труды Гидропроекта, 1973, № 38, с. 33—41.
55. Долгов П. П. Математические модели энергоэкономического анализа.— Л.: Наука, 1968.— 130 с.
56. Долгов П. П. Структура приведенных затрат и модели оптимального планирования.— Проблемы развития советской экономики. Л.: Лениздат, 1971, с. 47—60.
57. Долгов П. П., Воронкин А. Ф., Косолапов Л. А. Экономика защиты водохранилищ от теплового воздействия энергоустановок.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды.— Л., ЛПИ, 1982, с. 54—57.
58. Долгов А. П., Косолапов Л. А. Экономическая оценка защиты комплексных водохранилищ от теплового воздействия энергетических установок.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды.— Л., ЛПИ, 1984, вып. 7, с. 14—17.
59. Долгов П. П., Щавелев Д. С. Многокритериальные задачи в гидроэнергетике и водном хозяйстве.— Труды ЛПИ им. М. И. Калинина, 1981, № 375, с. 9—12.
60. Дьяконов К. Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны.— Л.: Гидрометеоиздат, 1975.— 128 с.
61. Елохин Е. А., Соколовская Л. И., Егорова М. Я. О методике определения платы за воду, очистку и отведение сточных вод.— Водные ресурсы, 1973, № 5, с. 31—33.
62. Замыкающие оценки водных ресурсов/А. И. Егоров, Л. Н. Зыбина, В. П. Иванова и др.— Водные ресурсы, 1973, № 5, с. 198—204.
63. Зузик Д. Г. Экономика водного хозяйства.— М.: Колос, 1973.— 299 с.
64. Иванов П. Л. Основные направления защиты окружающей среды при возведении хвостохранилища.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Л., 1983, вып. 6, с. 51—55.
65. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды.— Л.: Гидрометеоиздат, 1979.— 376 с.
66. Израэль Ю. А. и др. Экологический мониторинг и регулирование состоя-

ния природной среды.— В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеоиздат, 1981, вып. 4, с. 6—19.
67. Израэль Ю. А. Проблемы охраны природной среды и пути их решения.— Л.: Гидрометеоиздат, 1984.— 48 с.
68. Израэль Ю. А. Мониторинг состояния и регулирования качества природной среды.— Вопросы географии, 1978, вып. 108, с. 64—74.
69. Использование воды в народном хозяйстве/В. С. Замахаев, С. Л. Озиранский, Г. Г. Гангардт и др.— М.: Энергия, 1973.
70. Исследования взаимодействия экономики и окружающей среды.— Общественные науки, 1981, № 5, с. 33—46.
71. Каргапольцев Ю. Ф. К вопросу об исследовании поемности режима р. Северной Двины.— Труды СевНИИГиМа, Л., 1965, вып. 21, с. 69—82.
72. Колбасов О. С. Водное законодательство в СССР.— М.: Юридическая литература, 1972.— 216 с.
73. Колосов А. В. Эколого-экономические факторы в хозяйственной деятельности.— М., 1984.— 125 с.
74. Коммонер Б. Замыкающийся круг.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974.— 280 с.
75. Коробченков А. А., Сыроежкин М. И., Воробьев Б. В. и др. Организация работ, связанных с проектированием и строительством водохранилищ.— М.: Стройиздат, 1980.— 233 с.
76. Комплексный анализ эффективности технических решений в энергетике/ Под ред. В. Р. Окорокова, Д. С. Щавелева.— Л.: Энергоатомиздат, 1985.— 172 с.
77. Косолапов Л. А. Экономические аспекты теплового загрязнения комплексных водохранилищ.— Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Л., 1981, т. 153, с. 3—8.
78. Косолапов Л. А. Экономический анализ использования комплексных водохранилищ как источников водоснабжения ТЭС и АЭС.— В кн.: Комплексное использование водохранилищ ГЭС и охрана окружающей среды. Л., ВНИИГ, 1979, с. 21—26.
79. Косолапов Л. А. Экономическая оценка взаимозаменяемости мероприятий по защите водохранилищ от теплового воздействия энергоустановок.— В кн.: Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. Л., 1985, вып. 8, с. 18—22.
80. Кузин А. К., Станишевский С. А. Задачи и принципы оптимизации водоохранных мероприятий.— Водные ресурсы, 1974, № 5, с. 25—31.
81. Кумсиашвили Г. П. Регулирование стока и охрана природных вод.— М.: Изд-во МГУ, 1980.— 135 с.
82. Кумсиашвили Г. П., Родзиллер И. Д. Оптимальное распределение ресурсов при осуществлении водоохранных мероприятий.— В кн.: Проблемы охраны вод. Вып. 6, Харьков, 1975.
83. Ланге О. Оптимальные решения.— М.: Прогресс, 1963.— 286 с.
84. Ландау Ю. А., Левицкий Л. Л., Севастьянов В. И. Многоцелевое использование водохранилищ энергокомплексов для нужд различных отраслей народного хозяйства (на примере Южно-Украинского энергокомплекса).— В кн.: Влияние водохранилищ ГЭС на хозяйственные объекты и природную среду. Л., ВНИИГ, 1980, с. 42—45.
85. Ланцов В. А. Методические основы экономического прогнозирования научно-технического прогресса.— Л., ЛФЭИ, 1975.— 60 с.
86. Ласкорин Б. Н. Об итогах деятельности Комиссии АН СССР по разработке проблем охраны природных вод.— В кн.: Проблемы сохранения, защиты и улучшения качества природных вод. М., 1982, с. 10—20.
87. Левин А. П. Водный фактор в размещении промышленного производства.— М.: Стройиздат, 1973.— 167 с.
88. Левин А., Удовенко В. Водные ресурсы и эффективность общественного производства.— Вопросы экономики, № 12, 1973, с. 60—70.
89. Лемешев М. Я. Экономика и экология: их взаимосвязь и зависимость.— Коммунист, 1975, № 7, с. 47—55.
90. Лемешев М. Я. Проблемы повышения эффективности природоохранной деятельности.— Экономика и математические методы, 1985, т. 21, вып. 1.— с. 39—48.

91. Лигун О. С. Вопросы экономической оценки мероприятий по сохранению качества воды в водохранилищах.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, 1975, вып. 102, с. 44—48.
92. Лойтер М. Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений.— М.: Наука, 1974.— 280 с.
93. Лойтер М. Н. Эффективность капитальных вложений в охрану природной среды.— Вопросы экономики, 1976, № 1.
94. Львович М. И. Водные ресурсы: основные принципы охраны.— В кн.: Город, природа, человек. М., 1982, с. 143—163.
95. Льюис Р. Д., Райфа Х. Игры и решения.— М.: Изд-во иностр. лит., 1961.— 643 с.
96. Макаров А. И. Основные положения методов определения ущербов от наводнений для условий г. Ленинграда.— Труды Гидропроекта, 1973, № 38, с. 54—68.
97. Макаров А. И., Воробьев Б. В. Экономическая оценка отчуждений при строительстве.— Л.: Стройиздат, 1976.— 150 с.
98. Макаров А. И., Лигун О. С. Некоторые результаты анализа сводных данных о водохранилищах СССР.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, 1972, вып. 70, с. 143—150.
99. Макаров А. И., Магдалюк Л. В. Анализ натуральных и стоимостных показателей строящихся водохранилищ СССР.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике. Л., 1975, вып. 102, с. 29—34.
100. Маракулин П. Н. Ценностная оценка — основа объективного определения потерь при отчуждении сельскохозяйственных угодий.— В кн.: Экономические, правовые и социальные проблемы рационального использования и охраны земельных ресурсов: Тез. докл. Киев, 1974, с. 8—14.
101. Маркин А. А., Бойко И. П. Экономика аграрно-промышленного комплекса.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1983.— 107 с.
102. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды.— М.: Наука, 1982.— 319 с.
103. Матлин Г. М. Об экономической оценке воды.— В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования. М.: Наука, 1973, с. 121—129.
104. Матлин Г. М. Экономическая оценка воды как природного ресурса.— Водные ресурсы, 1973, № 6, с. 27—35.
105. Медведев В. А. К анализу социалистического производства.— Вопросы экономики, 1976, № 7.
106. Мелентьев Л. А. Системные исследования в энергетике.— М.: Наука, 1974.— 415 с.
107. Мелешкин М. Т., Зайцев А. П., Маринов Х. Экономика и окружающая среда (взаимодействие и управление).— М.: Экономика, 1979.— 104 с.
108. Мелешкин М. Т., Степанов В. Н. Промышленные отходы и окружающая среда. Киев: Наук. думка, 1980.— 178 с.
109. Методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды.— М., 1979.— 158 с.
110. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод/Под ред. А. В. Караушева.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.— 176 с.
111. Методические указания по установлению предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, поступающих в водные объекты со сточными водами.— М., Минводхоз СССР, 1982.
112. Методологические вопросы определения социально-экономической эффективности новой техники.— М.: Наука, 1977.— 229 с.
113. Мечитов И. И., Барский В. Г. Анализ использования водохранилищ многоцелевого назначения. Труды коорд. совещ. по гидротехнике.— Л., 1975, вып. 102, с. 9—15.
114. Мечитов И. И., Гершкович М. И. Об экономически обоснованном выборе мероприятий по охране водоемов от загрязнения.— В кн.: Материалы II Всесоюзного научного симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1967.

115. Минаев А. Нужна помощь Иртышу.— «Правда», 1984, № 48.
116. Минц А. А. Экономическая оценка естественных ресурсов.— М.: Мысль, 1972, с. 237.
117. Митяева И. Б. Вопросы экономической оценки ущерба, наносимого рыбным ресурсам внутренних водоемов. В кн.: Влияние водохранилищ ГЭС на хозяйственные объекты и природную среду. Л., ВНИИГ, 1980, с. 61—66.
118. Моисеенко Н. А., Попов М. В. Управление социалистической экономикой (Полит.-экон. аспект).— Л.: Изд-во ЛГУ, 1981.— 184 с.
119. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в машиностроении: Планирование, организация, экономика/А. П. Долгов, В. Н. Кошелев, Б. И. Кузин, О. Б. Ткалич.— Л.: Машиностроение, 1983.— 265 с.
120. Некрасов Н. Н. Региональная экономика (теория, проблемы, методы).— М.: Экономика, 1975.
121. Немчинов В. С. Общественная стоимость и плановая цена.— М.: Наука, 1970.
122. Новожилов В. В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании.— М.: Экономика, 1967.— 376 с.
123. Об охране окружающей среды: Сборник документов партии и правительства 1917—1981 гг.— 2-е изд., доп.— М.: Политиздат, 1981.— 384 с.
124. Озиранский С. Л. Плата за водные ресурсы.— Плановое хозяйство, 1968, № 9.
125. Озиранский С. Л., Коршунова Н. Н. Роль мероприятий по регулированию стока в определении стоимости воды в источнике. В кн.: Комплексное использование водохранилищ ГЭС и охрана окружающей среды. Л., ВНИИГ, 1979, с. 69—73.
126. Окороков В. Р. *Управление электроэнергетическими системами.* Технико-экономические принципы и методы.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1976.— 223 с.
127. Окороков В. Р., Щавелев Д. С. Методика определения народнохозяйственного ущерба от наводнений.— Труды ЛПИ им. М. И. Калинина, 1976, № 351, с. 20—23.
128. Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик.— М., 1971.— 32 с.
129. Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик.— М., 1969.— 35 с.
130. Основные положения по определению экономической эффективности гидроэнергетических объектов.— М., Гидропроект, 1981.
131. Охрана водных ресурсов/И. И. Бородавченко, Ю. С. Васильев, Н. В. Зарубаев и др.— М.: Колос, 1979.— 246 с.
132. Охрана окружающей среды и ее социально-экономическая эффективность/Отв. ред. Т. С. Хачатуров.— М.: Наука, 1980.— 239 с.
133. Охрана окружающей среды (модели управления чистотой природной среды)/Под ред. К. Г. Гофмана, А. А. Гусева.— М.: Экономика, 1977.— 231 с.
134. Плешков Я. Ф. Регулирование речного стока.— Л.: Гидрометеоиздат, 1972.— 506 с.
135. Положение о порядке возбуждения и рассмотрения ходатайств о предоставлении земельных участков. Постановление СМ РСФСР от 22 марта 1974 г.
136. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.— М., 1974.— 38 с.
137. Прасолов Л. И., Ганешин С. С., Ануфриев Г. И. Почвенные и ботанические исследования по берегам р. Волхов и озера Ильмень— Материалы по исследованию реки Волхов и его бассейна, вып. 4. Л., 1925.— 223 с.
138. Проект методики оценки ущербов от загрязнения водных источников.— Харьков, ВНИИВОДГЕО, 1977.— 45 с.
139. Пути повышения эффективности капитальных вложений и основных фондов/Под ред. Т. С. Хачатурова. Л.: Наука, 1982.
140. Пясковский Р. В., Померанец К. С. Наводнения.— Л.: Гидрометеоиздат, 1982, с. 176.
141. Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды. М.: Мир, 1979.— 213 с.
142. Рабинович Б. Эффективность природопользования.— Вопросы экономики, 1985, № 2, с. 85—97.

143. Рамад Ф. Основы прикладной экологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.
144. Рациональное использование водных ресурсов.— В кн.: Методические аспекты исследования водохозяйственных систем и прогнозы инженерно-геологических процессов. М.: Наука, 1985, вып. 3.— 80 с.
145. Рациональное использование природных ресурсов и охраны окружающей среды.— Л., ЛПИ, вып. 1—8.
146. Раяцкас Р. Л., Суткайтис В. П. Окружающая среда и проблемы планирования. М.: Наука, 1981.— 270 с.
147. Рекомендации для определения ущерба от загрязнения водных источников.— М., 1975.— 41 с.
148. Розен В. В. Цель—оптимальность—решение. М.: Радио и связь, 1982.— 167 с.
149. Румянцев А. Важное направление в экономических исследованиях.— Коммунист, 1976, № 1.
150. Рюмин В. П., Рюмина Е. В. Экономика и природные ресурсы.— Рига, 1982.— 159 с.
151. Руденко В. П. Экономическая оценка охраны и воспроизводства природно-ресурсного потенциала территории. Сер. Экономическая география.— Киев, 1985, вып. 37, с. 55—59.
152. Сборник нормативных актов по охране природы.— М.: Юрид. лит., 1978.— 584 с.
153. Седов В. М., Страхов М. В. Атомная энергетика и окружающая среда.— В кн.: Вопросы экологии и охраны природы, 1981, вып. 1, с. 31—39.
154. Семенов М. В., Федоров М. П., Щавелев Д. С. Технико-экономические основы проектирования энергетических и водохозяйственных систем. Учебное пособие.— Л., ЛПИ, 1977.
155. Современное состояние использования и охраны водных ресурсов РСФСР и научные основы их защиты от загрязнения/М. И. Львович и др.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1984, № 3, с. 54—69.
156. Сметанич В. С. Воткинская ГЭС и влияние ее сооружения на хозяйство прилегающих территорий.— Ученые зап. Пермск гос. ун-та, 1963, т. 23, вып. 4, с. 16—22.
157. Смирнов И. К. Социально-экономические основы оценки земли в социалистическом обществе. Л.: Изд-во ЛГУ, 1975.— 136 с.
158. Смирнов И. К. Экономическая оценка земли в социалистическом обществе.— Автореф. дис. д-ра экон. наук. Л., ЛГУ, 1969.— 50 с.
159. Смирнов И. К., Сыроежкин М. И. Определение экономической эффективности борьбы с наводнениями регулированием стока рек.— Информ. сборн. Л., Ленгидэп, 1961, № 21.
160. Смирнов И. К., Чуева З. В. Экономическая форма природных ресурсов в условиях социализма.— В кн.: Природопользование в системе общественного воспроизводства. Л.: Изд-во ЛГУ, с. 8—31.
161. Соловьева Е. А. Рациональное природопользование как условие повышения эффективности общественного производства.— В кн.: Природопользование в системе общественного воспроизводства. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986, с. 68—78.
162. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Раздел II. Состав загрязненных сточных вод, условия и расчеты их выпуска в водоемы после очистки.— М.: Стройиздат, 1981, с. 22—40.
163. Статистика окружающей среды.— М.: Финансы и статистика, 1981.— 222 с.
164. Степанов Е. С. Хозяйственная характеристика лугов Волхово-Ильменского бассейна и общие соображения о затопляемости пойменных угодий р. Волхов. Материалы по исследованию реки Волхов и его бассейна.— Л., 1928, вып. 19, с. 5—151.
165. Струмилин С. Г. О цене «даровых благ» природы.— Вопросы экономики, 1967, № 8.
166. Сыроежин М. И. Обоснование водохозяйственных комплексов.— Л.: Энергия, 1974.— 272 с.

167. Телешев В. И., Воробьев Б. В. К вопросу определения расчетной обеспеченности расходов реки в период строительства гидроузлов и водохранилищ.—В кн.: Комплексное использование водохранилищ ГЭС и охрана окружающей среды. Л., ВНИИГ, 1979, с. 168—170.
168. Труды Гидропроекта. 1973, № 38.— 176 с.
169. Труды координационных совещаний по гидротехнике ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева.— Л.: Энергия, 1970, № 59; 1972, № 70; 1973, № 83; 1975, № 102; 1976, № 107; 1977, № 122.
170. Тупыця Ю. Ю. Эколого-экономическая эффективность природопользования.— М.: Наука, 1980.— 165 с.
171. Турбин Н. В., Ремизов Ю. В. Возможные пути использования тепловых отходов промышленности в сельском хозяйстве.— Вестник АН СССР, 1975, № 12, с. 54—65.
172. Указания по расчету испарения с поверхности водоемов.— Л.: Гидрометеоиздат, 1969.— 83 с.
173. Указания по установлению минимально допустимых расходов воды в реках РСФСР.— М., 1984.
174. Успенский С. М. Мероприятия по созданию водохранилищ и рациональное использование природных ресурсов.— Гидротехническое строительство, 1976, № 8.
175. Успенский С. М. Некоторые проблемы современной практики проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ.— Труды коорд. совещ. по гидротехнике, Л., 1975, вып. 102, с. 15—19.
176. Ушаков Е. П. Социально-экономическое развитие и природоохранная деятельность.— М.: Наука, 1983.— 207 с.
177. Фарберов В. Г., Корнеева Л. А. Использование отработанных вод энергетических объектов в рыбном хозяйстве.— Водные ресурсы, 1975, № 3, с. 165—176.
178. Федоренко Н. П. Об экономической оценке природных ресурсов.— Вопросы экономики, 1968, № 3.
179. Федоренко Н. П. Экономические проблемы оптимизации природопользования.— В кн.: Экономические проблемы оптимизации природопользования. М.: Наука, 1973, с. 8—21.
180. Федоренко Н. П., Гофман К. Г. Проблемы оптимизации планирования и управления окружающей средой.— Вопросы экономики, 1972, № 10, с. 38—46.
181. Федоренко Н. П., Реймерс Н. Ф. Сближение экономических и экологических целей в охране природы.— Природа, 1981, № 9, с. 3—12.
182. Федоренко Н., Лемешев М. Экология глазами экономиста.— Наука в СССР, 1981, № 4, с. 38—47.
183. Федоров Б. Г. Производственные функции участников ВХК (на примере трех водохранилищ на р. Волге).— Труды коорд. совещ. по гидротехнике. Л., 1976, вып. 107, с. 22—28.
184. Федоров Е. К. Взаимодействие общества и природы.— Л., Гидрометеоиздат, 1972.— 88 с.
185. Федоров Е. К. Послесловие в книге Б. Коммонера «Замыкающийся круг».— Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 270.
186. Федоров М. П., Масликов В. И. Имитационная модель режимов работы гидроэлектростанций с многоцелевым водохранилищем.— Труды ЛПИ им. М. И. Калинина, 1981, № 375, с. 15—21.
187. Федоров М. П. Территориальное и межотраслевое распределение затрат на переброску стока.— Гидротехника и мелиорация, 1983, № 8, с. 8—10.
188. Федоров М. П. Метод принятия решения для обоснования природоохранных мероприятий при неполноте информации.— В сб.: Рацион. использ. природных ресурсов и охрана окруж. среды. Л., ЛПИ, 1984, с. 7—10.
189. Федосеев П. Экономические исследования на современном этапе.— Вопросы экономики, 1975, № 5.
190. Финаров Д. П. Динамика берегов и котловин водохранилищ гидроэлектростанций СССР.— Л.: Энергия, 1974.— 245 с.
191. Формирование окружающей среды и экономика природных ресурсов/ Пер. с нем.— М.: Прогресс, 1982.— 382 с.

192. Хачатуров Т. С. Об экономической оценке природных ресурсов.— Вопросы экономики, 1969, № 1, с. 28—41.
193. Хачатуров Т. С. Природные ресурсы и планирование народного хозяйства.— Вопросы экономики, 1973, № 8, с. 10—21.
195. Хачатуров Т. С. Экономические проблемы экологии.— В кн.: Общество и природа: Проблемы взаимодействия общества и природы. М., 1981, с. 9—24.
196. Хозяйственный риск и методы его измерения.— М.: Экономика, 1979.— 185 с.
197. Холл А. Д. Опыт методологии для системотехники.— М.: Сов. радио, 1975.— 447 с.
198. Черемушкин С. Д. Теория и практика экономической оценки земли. М.: Соцэкгиз, 1963.
199. Шалгунов В. Не скудеть Волге.— «Правда», 1984, № 120.
200. Шапиро Л. Н., Прохорова Т. З. Водохранилища гидроэлектростанций в десятой пятилетке и их влияние на природную среду.— Гидротехническое строительство, 1976, № 12, с. 22—26.
200. Шварц С. С. Экология человека: новые подходы к проблеме «человек и природа».— В кн.: Будущее науки, М.: Знание, 1976, вып. 9, с. 158—177.
201. Широков В. М. Формирование берегов и ложа крупных водохранилищ. Автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра геогр. наук. Пермь, 1972.— 67 с.
202. Щавелев Д. С., Эрлихман Б. Л. Основные положения проекта инструкции по распределению затрат между участниками водохозяйственного комплекса.— Гидротехническое строительство, 1973, № 4, с. 30—33.
203. Экономика и окружающая среда.— М.: Экономика, 1981.— 191 с.
204. Экономические проблемы оптимизации природопользования/Под ред. Н. П. Федоренко.— М.: Наука, 1973.
205. Экономические проблемы природопользования/Отв. ред. Лемешев М. Я., Ушаков Е. П.— М.: Наука, 1981.— 150 с.
206. Эффективность капитальных вложений. Сборник утвержденных методик.— М.: Экономика, 1983, с. 128.
207. Яковлев Н. Н. Использование уникальных гидроэнергоресурсов в бассейне Енисея и Ангары.— Труды Гидропроекта, 1972, № 25 (13), с. 17—42.

Предметный указатель

Альтернативные решения 180, 182, 218, 248
Анализ 67, 69, 180—187
— издержек производства 69
— системный 29, 183, 213

Базис природно-экономический 8
— природный 3, 7, 8
— экономический 7, 8
Баланс водный 27, 222—223
— хозяйственный 71, 215, 228
— эколого-экономический 222, 224
Биоценоз 15
Бьеф гидроузла верхний 57—61, 249
— нижний 57—61, 229, 249

Варианты решений 105
Вероятность 180, 197, 206—208
— решений 197
— явлений 48, 117, 125
Взаимосвязи 11, 28, 29, 34
Водность 24
Водохозяйственный комплекс 26, 28, 40
Выбор решения 182
Выброс загрязняющих веществ 41—46, 86—94

Гидрограф 47, 121
Гидроузел 5, 38, 48, 229—232

Дефицит водных ресурсов 24, 37, 89
— земельных ресурсов 70
— природных ресурсов 7
Дисперсия 199, 202—203
Дифференциальная рента 19, 226, 228
Доход чистый 138, 154

Загрязнение окружающей среды 40, 90
—, виды 40—46, 90
—, нормирование 41—45
Задача распределения затрат 237—253
— — ресурсов 111
Затопление 49—54
Затраты замыкающие 70, 93, 94, 183, 225, 237
— капитальные 65, 94, 183, 238
— компенсационные 64, 79, 87, 191, 192, 201
— предельные 70, 94, 187, 196—208

— приведенные 79, 92, 94, 181, 208—210, 220—222, 225, 239—240
— природоохранные 87, 92, 94, 221
— эксплуатационные 65, 89, 94, 183, 238

Издержки загрязнения 91, 92
— производственные 65, 94
Инфраструктура 12, 147
Ирригация 232—235

Качество воды 40—46
— земельных угодий 66—77
— природных ресурсов 40
Классификация 54—61
Комплекс водохозяйственный 26, 28, 40, 111
— природно-экономический 4, 9, 10, 112
— пространственно ограниченный 9, 18, 105
Контроль состояния окружающей среды 40—48, 61
— хозяйственной деятельности 40—48, 61
Концентрации загрязняющих веществ 45
— предельно допустимые 41—45
Критерий 13—15, 17, 18, 191, 210—212
— минимакса 210
— минимальных потерь 210
— оценки объекта природопользования 13—15, 17, 18
— эффективности 106—113

Лесосводка и лесоочистка 77—81
Луга естественные 113—120
— искусственные 131—141
— пойменные 113—120

Матрица платежная 208—213
— потерь 211—212
Мероприятия организационные 4, 54—61
— правовые 4, 54—61
— природоохранные 4, 54—61, 221, 222
— технические 4, 54—61
— экономические 4, 54—61
Метод аналитический 144—159
— графический 121, 132—135, 188—190, 194—196, 201—203
— графоаналитический 144—159
— множителей Лагранжа 188, 192, 201, 206, 215
— системного анализа 29
Модель 10, 122, 129, 132—135, 180, 223

Наводнения 35, 38, 53, 141—146
Неопределенность 197, 208—213
Нормативы природоохранные 28, 30, 41—47, 55, 64, 65
— социальные 30, 55, 64, 66
— экономические 28, 64, 65, 75, 193, 219

Общество 3, 7
Объект природопользования 4, 7, 9, 12, 104, 254
Ограничения природоохранные 14, 191, 202
— производственные 213, 227
— социальные 14, 202, 248
— экологические 213, 248
Оптимизация 4, 20, 38, 160—173, 188, 200, 205—207, 213—217, 225
Отходы 44, 220—222
Оценка двойственная 209, 217, 222, 228

— общая 18, 19, 26
— социальная 3, 13, 14, 17, 62—103, 254
— специальная 18, 19
— экологическая 12—15, 62—103
— экономическая 3, 13, 14, 17, 62—103
Охрана окружающей среды 3, 62, 218
— природной среды 3, 40, 62, 196
— природных ресурсов 3, 40, 62

Паводки 32, 113
Планирование водоохранной деятельности 216—228
— народнохозяйственное 112
— оптимальное 112
— природопользования 112, 196, 213
Подтопление 50—53, 66
Пойма 36, 39, 66, 113
Показатели натуральные 14, 19, 200, 256
— производные 14, 19, 181, 256
— стоимостные 14, 19, 179, 247, 256
Последствия социальные 48—54
— экологические 48—54
— экономические 62—103
Природопользование 4, 29, 55, 104
Производительные силы 18, 27, 29

Равновесие 11, 33, 34, 37, 63
Регулирование использования природных ресурсов 48, 54, 104
— речного стока 48, 54, 104, 234—236, 249—252
Реконструкция 21, 127—140
Рекреация 31, 39, 41
Ресурс интегральный 9
— природный 3, 8, 29, 66
— экономический 3, 8, 29, 66
Риск 196—208

Свойства потребительские 34, 37
— социальные 26, 32, 33
— экологические 26, 32, 33
— экономические 26, 32, 33
Стратегия альтернативная 208—213
— допустимая 211—213
— оптимальная 211
Строительство водохозяйственное 26, 27, 54, 62, 219, 228
— природоохранное 54, 62
— промышленное 54, 62, 236—237
— сельское 54, 62
— энергетическое 219, 234—236

Требования природоохранные 40—48, 214
— санитарно-гигиенические 195—196, 250
— хозяйственные 40—48

Управление природопользованием 5, 40, 61
— строительством 40, 61
Уровень 65, 69, 104—113
— расчетный 69, 109
— современный 65, 105
Условия неопределенности 208—209
— неотрицательности 198, 202, 206
— оптимальности 192, 200, 206

— риска 202—204
Ущерб 5, 62—103, 226
— возможный 91, 229
— остаточный 91
— предотвращенный 92
— удельный 93

Факторы времени 187, 237, 239
— отрицательные 11, 28, 32, 37, 54
— положительные 11, 28, 32, 37, 54
— природные 11, 26, 27, 31—35, 54, 177
— экономические 11, 31, 32, 54
Фонды водные 3, 9, 11
— земельные 3, 9, 11
Функция Лагранжа 188, 203, 215
— плотности вероятности 198
— производственная 249

Экосистема 7, 34
Энергетика 218, 236
Эффект потребительский 185
— производственный 182, 225, 236
— регулирования речного стока 177—178, 234
— утилизации тепла 218—224
— экологический 182, 184, 196
— экономический 242
Эффективность народнохозяйственная 213
— экономическая 179, 182

Оглавление

Введение 3

Глава 1. Реки, озера, их бассейны и системы — важнейшие составляющие природного базиса общества 7

1.1. Объективные основы учета и оценки экологических, социальных и экономических процессов при освоении природных ресурсов . . . . . —
1.2. Сущность оценки объектов природопользования 12
1.3. Особенности водотоков и водоемов как важнейших составляющих природного базиса общества 19
1.4. Необходимость и задачи учета водного фактора в хозяйственной деятельности человека 26

Глава 2. Освоение и использование водных ресурсов с учетом взаимодействия природных и хозяйственных факторов 29

2.1. Взаимосвязь водотоков, водоемов и окружающих территорий . . . . . —
2.2. Положительные и отрицательные природные и экономические факторы 32
2.3. Природоохранные и хозяйственные требования к освоению природных ресурсов 40
2.4. Регулирование стока рек и его эколого-экономические последствия 48
2.5. Назначение и классификация мероприятий по освоению водных ресурсов 54

Глава 3. Социально-экономическая оценка отчуждения, обусловленного освоением водных ресурсов и приречных территорий 62

3.1. Сущность и задачи социально-экономической оценки отчуждения в хозяйстве и природе . . . . . —
3.2. Оценка отчуждения природных ресурсов и элементов природной среды 66
3.3. Оценка отчуждения основных фондов 95
3.4. Оценка отчуждения на водном транспорте 102

Глава 4. Экономическая оценка водотоков и водоемов с учетом природоохранных и социальных ограничений 104

4.1. Методологические основы экономической оценки водотоков и водоемов как объектов природопользования . . . . . —
4.2. Оценка биологической и хозяйственной продуктивности пойменных земель с учетом водного фактора в период весеннего половодья 113
4.3. Учет фактора наводнений при экономической оценке приречных территорий 141

Глава 5. Методы экономического обоснования мероприятий по охране водотоков и водоемов 180

5.1. Экономический анализ эффективности технических решений по защите водоемов и водотоков от загрязнения . . . . . —
5.2. Принятие решений в условиях определенности 187
5.3. Принятие решений в условиях риска 196
5.4. Принятие решений в условиях неопределенности 208
5.5. Оптимальное планирование водоохранной деятельности и нормативы эффективности 213

Глава 6. Обоснование экономической эффективности мероприятий по освоению водотоков и водоемов как объектов природопользования 225

6.1. Основные принципы экономической оценки водных ресурсов —
6.2. Проблемы формирования водохозяйственного комплекса на примере р. Сулак 229
6.3. Распределение затрат на мероприятия комплексного назначения между участниками ВХК 237
6.4. Определение долевого участия в затратах на комплексные мероприятия по регулированию речного стока гидроузлами для предприятий, не требующих напора воды (на примере размещения ТЭС и АЭС на водохранилищах ГЭС) . . . 249

Заключение 254

Список литературы 258

Предметный указатель 267

Монография

Борис Васильевич Воробьев
Леонид Александрович Косолапов

Водотоки и водоемы: взаимосвязь экологии и экономики

Редактор Л. И. Верес. Художник И. Н. Кошаровский. Технический редактор Г. В. Ивкова. Корректор А. В. Хюркес. ИБ 16774. Сдано в набор 05.02.87. Подписано в печать 05.05.87. М-20517. Формат 60×90¹/₁₆. Бум. тип. № 1. Лит. гарн. Печать высокая. Печ. л. 17. Кр.-отт. 17. Уч.-изд. л. 19,83. Тираж 1730 экз. Индекс МОЛ-140. Заказ № 71. Цена 3 р. 40 к. Гидрометеоиздат. 199226. Ленинград, ул. Беринга, 38.

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, Ленинград, Прачечный переулок, 6.