

В.Т. НИКОЛАЕНКО

---

# ЛЕС И ЗАЩИТА ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

1160691



ВОЛОГОДСКАЯ  
областная библиотека  
им. И. В. Басушкина

Москва

Издательство «Лесная промышленность»

1980

57(069) 43  
УДК 630.1 Н.63 Н.63

Рецензент член-кор. АН СССР проф. А. А. Молчанов.

**Николаенко В. Т.** Лес и защита водоемов от загрязнения.— М., Лесн. пром-сть, 1980.—264 с.

Рассмотрены основные факторы нарушений водной среды и водно-экологических систем, дана их характеристика. Освещен современный уровень ведения хозяйства в водоохранно-защитных лесах и изложены основные мероприятия по защите водоемов от загрязнения. Даны рекомендации для создания лесонасаждений по берегам рек, каналов, водохранилищ. Важное место в книге уделено особенностям защиты крупных водных экосистем.

Рассчитана на научных работников лесного, водного и сельского хозяйств.

Табл. 67, ил. 18, библиогр.— 245 назв.

Н  $\frac{40505-073}{037(01)-80}$  110-80 3903 000 000

© Издательство «Лесная промышленность», 1980

Природные воды — важнейшая составная часть биосферы и главнейший объект охраны окружающей среды. Они занимают особое положение среди используемых естественных ресурсов. Сохранение чистоты водных ресурсов, защита их от загрязнения, а также рациональное использование находится в центре внимания ЦК КПСС и Советского правительства, ученых и специалистов нашей страны. В нашей стране осуществляется широкий комплекс водоохранных мероприятий, направленных на предотвращение истощения, заиления и загрязнения рек, озер, водохранилищ и других водоемов. В улучшении и сохранении качества природных вод важное место занимают лесные насаждения. Особенно велика их водоохранная и водорегулирующая, противоэрозионная и противоабразионная роль. Лесные насаждения задерживают поверхностный сток и продукты эрозионной деятельности, а также химические и биогенные (удобрения) вещества, поступающие с водосборных площадей.

В нашей стране накоплен значительный опыт защиты водных источников лесными насаждениями. В предлагаемой читателям монографии доктора с.-х. наук В. Т. Николаенко всесторонне освещается эта актуальнейшая проблема. В монографии даны краткая характеристика водных ресурсов и санитарно-гигиеническое состояние водоемов, освещается роль лесных насаждений, как важнейшей экологической системы в борьбе с заилением и загрязнением водных объектов. В работе приведены основные факторы нарушения водной среды и водно-экологических систем и их характеристика. Значительное место отведено освещению источников загрязнения, связанных с интенсификацией сельскохозяйственного производства (удобрения, пестициды и др.). В работе приведены экспериментальные данные о влиянии леса на поверхностный сток, задержание наносов, изменение органолептических свойств, химического состава и бактериологических показателей вод, поступающих с водосборных площадей в водные объекты. Автором монографии впервые на основе многолетних и многосторонних исследований,

проведенных в различных районах страны, установлено, что лесные насаждения выполняют важную роль естественных фильтров-очистителей, улучшающих качество воды. Они не только повышают органолептические свойства и задерживают вредные химические и биогенные вещества, но оказывают существенное влияние на уменьшение в водоемах числа микробов, опасных для жизни человека. Эти исследования открывают новое, весьма перспективное направление в агролесомелиоративной и лесохозяйственной науке, являются основой в развитии лесной гидрохимии.

В. Т. Николаенко удалось обобщить имеющийся практический опыт, сравнительно небольшую, но весьма разрозненную литературу по защите водоемов от заиления и загрязнения с помощью агролесомелиоративных и других мероприятий и дать научно-теоретические и практические рекомендации по охране и защите водных источников.

В работе прослеживается мысль автора о необходимости комплексного подхода к решению проблемы охраны водных ресурсов разных водных объектов. Осуществление водоохранно-защитных мероприятий требует совокупного их применения. Автор книги подчеркивает, что система агролесомелиоративных мероприятий вместе с другими мероприятиями должна охватывать наряду с прибрежными зонами водоемов весь водосборный бассейн, питающий тот или иной водный объект. Ведение хозяйства должно также осуществляться с учетом границ элементарных водосборных бассейнов. В монографии приведены основные принципы ведения лесного хозяйства в прибрежных лесах, а также показаны особенности защиты крупных водных экосистем, какими являются озеро Байкал, Черное, Азовское, Балтийское и другие моря.

Совокупность конструктивных мер охраны и защиты водных ресурсов, предложенная В. Т. Николаенко, вполне может быть успешно решена в нашей стране. В этом основное преимущество и ценность его книги.

**А. А. МОЛЧАНОВ,**  
член-кор. АН СССР, профессор.

Коммунистическая партия и Советское правительство проявляют огромную заботу об охране природы и рациональном использовании ее богатств, среди которых особое место занимают лесные и водные ресурсы. Забота государства об охране окружающей среды нашла отражение в Основном Законе нашей страны — Конституции СССР: «В интересах настоящего и будущих поколений в СССР принимаются необходимые меры для охраны и научно обоснованного, рационального использования земли и ее недр, водных ресурсов, растительного и животного мира, для сохранения в чистоте воздуха и воды, обеспечения воспроизводства природных богатств и улучшения окружающей человека среды»<sup>1</sup>.

Наши достижения в создании материально-технической базы коммунизма, наши планы дальнейшего развития народного хозяйства неразрывно связаны с вовлечением в оборот природных ресурсов. Определяя главную задачу пятилетки на 1976—1980 г., заключающуюся в последовательном осуществлении курса Коммунистической партии на подъем материального и культурного уровня жизни советского народа, XXV съезд КПСС подчеркнул необходимость усиления охраны природы и рационального использования ее богатств.

В условиях научно-технического прогресса и бурного роста промышленного и сельскохозяйственного производства проблема охраны окружающей среды, в частности охраны водных ресурсов от загрязнения и истощения, стала одной из важнейших общегосударственных задач. Вода, являющаяся важным элементом физико-географической среды среди всех используемых природных ресурсов, приобретает особое значение, которое определяется ролью в отраслях народного хозяйства, взаимодействием с ландшафтом, частью которого являются реки, озера, моря и другие водные экосистемы.

---

<sup>1</sup> Конституция (Основной Закон) Союза Советских Социалистических Республик. М., 1977, с. 11, ст. 18.

В Советском Союзе принят ряд законодательных актов, направленных на дальнейшее усиление охраны окружающей среды, в первую очередь водонсточников.

В десятой пятилетке была поставлена задача — прекратить сброс в реки и другие водоемы неочищенных сточных вод, осуществлять меры по комплексному и рациональному использованию и охране земельных, водных и лесных ресурсов, а также совершенствовать прогнозирование влияния производства на природную среду. На мероприятия, направленные на рациональное использование и охрану водных и лесных ресурсов, было ассигновано более 11 млрд. руб. Во всех отраслях народного хозяйства осуществляют мероприятия для экономного расходования чистой природной воды, совершенствования технологических производственных процессов и использования оборотных вод. В результате принятых мер большинство наших рек стали полноводнее и чище.

Однако проблема охраны вод — одна из наиболее актуальных проблем современности. Острота проблемы охраны вод от загрязнения промышленными, бытовыми и сельскохозяйственными отходами, а также от их заиления возрастает в связи с резким ростом промышленного и сельскохозяйственного производств. Интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается значительным ростом площадей орошаемого земледелия, применением минеральных удобрений, химических средств защиты растений от вредителей и болезней. В результате широкого использования на сельскохозяйственных полях средств химии в окружающую среду поступает значительное количество химических веществ, в том числе ядохимикатов, многие из которых токсичны и устойчивы к воздействию внешних факторов. Длительное применение химикатов (минеральных удобрений и пестицидов) способствует загрязнению ими водных источников. Чаще всего химические вещества попадают в водоемы при поверхностном стоке с обработанных химкатами сельскохозяйственных земель.

Раньше основным источником загрязнения вод считали промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, сбрасываемые в реки и другие водоемы без предварительной очистки. Теперь на пути промышленных сточных вод к водонсточникам создают надежные и эффективные заслоны в виде очистных и других сооружений. К сожалению, поверхностный сток с сельскохозяйственных полей и других территорий пропустить через очистные сооружения невозможно. Здесь требуются особые мероприятия, обусловленные в значительной мере спецификой стока, его формированием и качеством. Большие терри-

тории, на которых происходит формирование поверхностного стока,— главные поставщики продуктов эрозии, ядохимикатов и биогенных веществ в водоемы. Характер и объем талых и дождевых (ливневых) вод делают проблему их очистки весьма сложной, требующей для решения ее научно обоснованного, взаимоувязанного комплекса водоохранных мероприятий, охватывающих целые водосборные бассейны. Одно из ведущих мест в этом широком комплексе призваны занять лесные насаждения. Они способствуют улучшению климата, регулируют водный режим, предохраняют почвы от водной и ветровой эрозии, предотвращают оползневые и абразионные явления, защищают водные и другие объекты от селевых потоков, улучшают санитарно-гигиенические условия в прибрежных зонах и повышают качество воды в водных источниках.

Положительные свойства леса как важного компонента биосферы бесспорны. Лесные насаждения не только улучшают основные свойства воды, но и очищают ее от вредных химических веществ, а также от опасных для жизни человека микробов. В нашей стране накоплен значительный опыт защиты лесными насаждениями водоемов от заиления и загрязнения. В защитных зонах водохранилищ, вдоль берегов рек и каналов уже создано более 100 тыс. га защитных лесных насаждений, которые надежно защищают водоемы.

В нашей стране проведены интересные научно-исследовательские, проектно-изыскательские и другие работы, цель которых — изучение влияния леса на задержание наносов, органолептические свойства, химический состав и бактериологические показатели вод поверхностного стока. Работники водного и лесного хозяйства принимают меры для улучшения использования и охраны водных и лесных ресурсов, повышения роли и защитных функций лесных насаждений. Продолжается научный поиск новых, более эффективных мер защиты и охраны водных и лесных ресурсов, оптимизируется антропогенное воздействие на водные источники и лесные ресурсы в интересах наиболее полного и рационального их использования. Важны исследования интегрального характера, призванные синтезировать результаты отраслевого анализа в их сложных взаимосвязях.

В настоящей работе предпринята попытка осветить некоторые результаты научных исследований роли лесных насаждений на повышение качества воды, обобщить опыт защиты водоемов от загрязнения сточными водами и заиления с использованием комплекса агролесомелиоративных мероприятий, а также дать научно-теоретические и практические рекомендации по охране водных источников.

# I. ЗНАЧЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ВОДОЕМОВ

---

## 1. ОХРАНА И ЗАЩИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ — ВАЖНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

Водные ресурсы — наиболее ценный компонент биосферы и важный элемент физико-географической среды. Вода — первоисточник жизни. Миллионы лет вода разрушала скалы, создавала почву, облагораживала климатические условия нашей планеты. В древних сказаниях вавилонян, египтян, индусов, персов, финикийцев вода считалась первоисточником всего существующего, началом всех начал. Древнегреческие философы — Эмпедокл и Аристотель в учении о четырех элементах, или стихиях (воде, земле, воздухе и огне), называли воду началом холода и влажности. Вода — важнейший элемент природы, без которого невозможно развитие органического мира — растений, животных, человека. Там, где есть вода, там есть и жизнь. Вода и жизнь создали бесконечное разнообразие органической и неорганической природы на земле. Нет ни одного даже незначительного существа, которое не имело бы в своем составе воды или могло обойтись без нее. Вода составляет от 80 до 90% веса всех растений и около 75% веса животных; в человеческом организме на долю воды приходится около 65%. Наиболее остро реагирует на нарушение водного баланса организм человека (потеря 6...8% влаги от веса тела вызывает полуморочное состояние, более 12% — смерть), без еды человек может прожить больше месяца, а без воды — несколько дней [48].

Вода участвует в образовании сложных химических соединений, которые обусловили возникновение жизни, а затем формирование высокоорганизованных животных организмов. Академик В. И. Вернадский (1933) писал, что «вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов. Не только земная поверхность, но и глубокие — в масштабе биосферы — части планеты определяются в самых существенных своих проявлениях ее существованием и ее свойствами» [по 38, с. 120].

Климатические условия на земле в значительной степени



определяются наличием водных пространств и содержанием водного пара в атмосфере. Велико значение воды в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Большое количество воды расходуется на орошение и обводнение; много воды потребляет черная и цветная металлургия, химическая, целлюлозно-бумажная и нефтеперерабатывающая промышленность.

Большое значение имеют водные ресурсы для гидроэнергетики, водного транспорта, рыбного хозяйства, водоснабжения, лечебных, культурно-оздоровительных и других целей. Много воды идет на бытовые нужды населения. Сейчас каждый житель в среднем по стране расходует более 160 л воды в сутки. Потребление воды в народном хозяйстве СССР возрастает высокими темпами. Только за 20 последних лет оно увеличилось более, чем в 3 раза. В ближайшей перспективе объем водопотребления свежей и пресной воды возрастет до 430...470 км<sup>3</sup> а в более отдаленной — до 700...850 км<sup>3</sup> [31].

Проблема обеспечения водой населения и промышленности становится актуальной для многих стран мира, но особое значение она приобретает для государств, находящихся в зоне недостаточного увлажнения и наиболее развитых в промышленном отношении. Во всем мире все чаще отмечается разрыв между быстро увеличивающейся потребностью в чистой пресной воде и возможностями удовлетворения в ней условий быстрого развития промышленного и сельскохозяйственного производства, роста численности населения и благоустройства. Впервые человечество столкнулось с недостатком в пресной воде вскоре после окончания второй мировой войны. Именно тогда промышленность Европы первой ощутила «приступ жажды». Некоторые промышленно развитые страны в недалекой перспективе могут оказаться перед угрозой полного истощения водных ресурсов. Уже теперь около половины населения планеты ощущает недостаток в воде. Почти 60% суши находится в аридной и полуаридной зонах, характеризующихся сухостью климата. К безводным относятся Алжир, Иран, Мексика, Пакистан, ряд штатов США и др. Значительной аридностью отличаются и среднеазиатские республики нашей страны, но в результате целенаправленного водохозяйственного строительства водная проблема в них в основном решена.

Серьезный дефицит пресной воды наблюдается и во многих влажных (гумидных) регионах. В США  $\frac{1}{7}$  часть населения испытывает недостаток в обычной питьевой воде. Перед угрозой «водного голода» в обозримой перспективе стоит также Англия, ФРГ, Франция и другие государства Западной Европы.

В нашей стране производственные планы промышленности и сельского хозяйства составляют с учетом возможностей водного хозяйства. Главная проблема состоит в том, чтобы наиболее рационально использовать богатства природных вод, которых в стране достаточно, чтобы обеспечить все возрастающие потребности в них как на ближайшую, так и на обозримую перспективу.

Особенную важность приобретает проблема качества вод и охраны источников от загрязнения сточными водами. Развитие промышленности сопровождается не только ростом водопользования, но и образованием большого количества промышленных сточных вод, которые сильно загрязняют, засоряют и отравляют природные водоемы.

С развитием промышленных производств в сточных водах увеличивается количество новых компонентов химических продуктов, которые еще больше загрязняют природные водоемы и подземные водные источники. Растет и объем сбрасываемых в реки и водоемы хозяйственно-бытовых сточных вод. Особую тревогу вызывает сброс в моря и океаны загрязненных отходов. С интенсификацией сельскохозяйственного производства возникла проблема охраны вод от загрязнения ядохимикатами и удобрениями. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования свидетельствуют о всевозрастающей угрозе повсеместного загрязнения вод удобрениями и пестицидами. Сильно загрязняются воды в результате эрозионных и абразионных процессов.

Загрязнение источников воды сточными водами наносит огромный ущерб народному хозяйству: ограничивается водоснабжение населенных пунктов и промышленных предприятий, затрудняются ирригационные работы и водный транспорт, ухудшаются условия обитания водных животных, сокращаются уловы рыбы, страдает здоровье населения. Особого внимания заслуживает качество воды, используемой человеком для питья, а также на хозяйственно-бытовые нужды. Одно из главных требований, предъявляемых к качеству питьевой воды, — отсутствие в ней болезнетворных микробов.

Важную роль при гигиенической оценке качества питьевой воды играют ее органолептические свойства: запах, вкус, прозрачность и цветность. Питьевая вода не должна иметь постороннего запаха, привкуса, мутности и цвета, даже если вещества, их вызывающие, сами по себе безопасны. Качество питьевой воды обуславливается также ее химическим составом. Ученые установили, что понижение или повышение содержания фтора в питьевой воде может привести к заболеваниям в первом слу-

чае — кариесом зубов, во втором — флюорозом (зубы темнеют, крошатся и ломаются). Вызывают заболевания у человека свинец и мышьяк.

Основным руководящим началом в охране природной среды для всех отраслей народного хозяйства являются постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», «О дополнительных мерах по усилению охраны природы и улучшению использования природных ресурсов» и др.

## 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ

Водные ресурсы — важнейшее природное богатство. От них в значительной степени зависит материальное и духовное состояние людей. Из общей площади поверхности земли 510 млн. км<sup>2</sup> водами Мирового океана занято 361,3 млн. км<sup>2</sup>, или 71%.

Водные ресурсы планеты состоят из вод океанов и морей, рек и озер, ледников, подземных вод, почвенной и атмосферной влаги. Воды на земном шаре около 1,5 млрд. км<sup>3</sup> (табл. 1) [97].

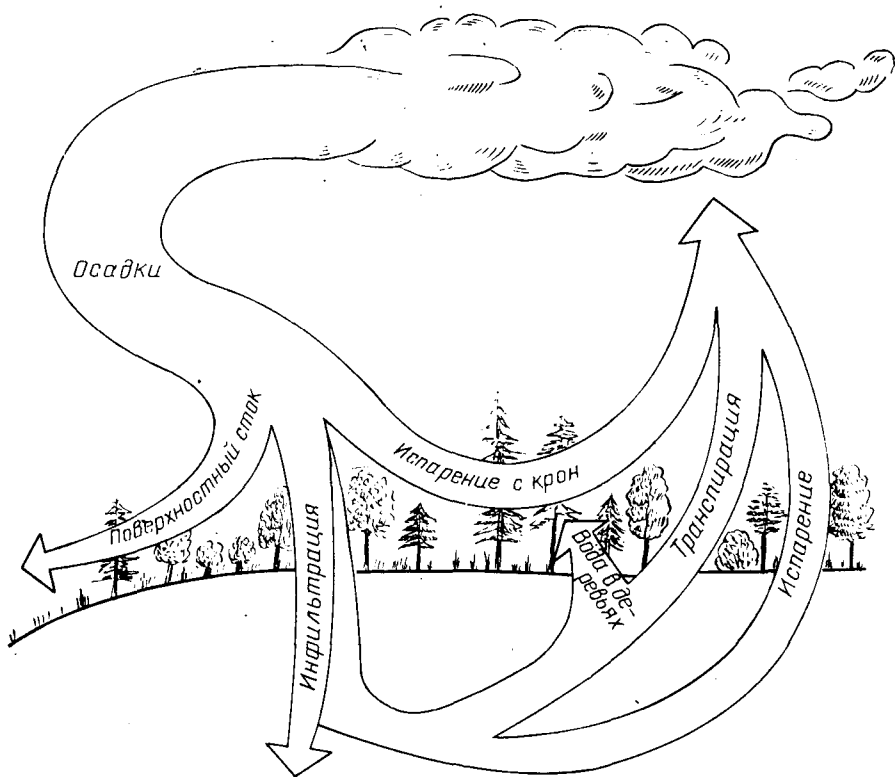
Вода совершает постоянный круговорот в природе. Гидрологический цикл связывает между собой все части гидросферы,

### 1. Запасы гидросферы и активность водообмена [97]

Части гидросферы	Объем, тыс. км <sup>3</sup>	Общий объем, %	Активность водообмена (число лет)
Океан	1 370 323	93,96	3000
Подземные воды	60 000	4,12	5000
В том числе зоны активного водообмена	4 000	0,27	330
Ледники	24 000	1,65	8000
Озера	280*	0,019	7
Почвенная влага	85**	0,006	1
Пары атмосферы	14	0,001	0,027
Речные (русловые) воды	1,2	0,0001	0,031
Вся гидросфера	1 458 703,2	100	2800

\* В том числе около 5 тыс. км<sup>3</sup> воды в водохранилищах.

\*\* В том числе около 2 тыс. км<sup>3</sup> оросительных вод.



**Рис. 1. Круговорот осадков**

которая взаимодействует с атмосферой, литосферой и биосферой. В круговороте воды участвует ряд звеньев, образуя в целом замкнутую систему: океан — атмосфера — суша.

Под влиянием солнечной энергии вода испаряется с поверхности мирового океана и суши (льда и снега), а также транспирируется растениями. В результате этого атмосфера насыщается влагой в виде паров, которые, охлаждаясь, конденсируются и образуют облака. Из облаков вода в виде дождя или снега попадает на поверхность земли и океана. Значительная часть ее испаряется непосредственно с поверхности земли и океана, некоторая часть проникает в почву. Небольшая часть осадков стекает в реки и другие водоемы (рис. 1).

Каждый год с поверхности океана испаряется около 450 тыс. км<sup>3</sup> воды, а с поверхности суши — около 70. С осадками на океан выпадает около 420 тыс., а на сушу — около 100 тыс. км<sup>3</sup> воды.

Для защиты водоемов от загрязнения и заиления важно, чтобы водопоглощающая способность почвы была как можно выше. Повышение водопоглощения почвы достигается проведением комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и других мероприятий. Расширяя площади лесов и охраняя существующие его массивы, применяя правильную агротехнику возделывания сельскохозяйственных культур на водосборных площадях, человек активно воздействует на круговорот воды.

Из табл. 1 видно, что наиболее высокой активностью водообмена обладают пресные воды, за исключением ледников, которые занимают особое положение. Вода в руслах рек сменяется в среднем каждые 12 суток, или 30 раз в течение года. Очень велика активность атмосферной влаги. При объеме около 14 тыс. км<sup>3</sup> она дает начало 525 тыс. км<sup>3</sup> осадков, выпадающих на земле, вследствие чего смена всего объема атмосферной влаги происходит в среднем каждые 10 суток.

## 2. Пресные воды гидросферы [97]

Части гидросферы	Объем пресной воды, км <sup>3</sup>	% от данной части гидросферы	% от общего объема пресной воды
Ледники	24 000 000	100	85
Подземные воды	4 000 000	6,7	14
Озера и водохранилища	155 000	55	0,6
Почвенная влага	83 000	98	0,3
Пары атмосферы	14 000	100	0,05
Речные воды	1 200	100	0,004
<b>Итого</b>	<b>28 253 200</b>	<b>—</b>	<b>100</b>

Данные о запасе пресной воды, наиболее доступной для удовлетворения нужд человечества, приводятся в табл. 2. Общий объем пресных вод на земле составляет около 28,3 млн. км<sup>3</sup>, или примерно 2% общего объема гидросферы.

Основная масса пресных вод, находящаяся в состоянии льда, пока недоступна для использования.

Наибольший интерес представляют пресные поверхностные воды рек (табл. 3) [176]. Ежесекундно из рек в Мировой океан поступает 1 млн. м<sup>3</sup> воды, причем почти 1/5 этого количества приходится на Амазонку [162]. Годовой сток наших рек составляет около 4,5 тыс. км<sup>3</sup>.

### 3. Крупнейшие реки мира

Реки	Средний в течение года расход, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Длина, км
Амазонка (Южная Америка)	120 000	7 000 000	5500
Конго (Африка)	40 000	3 690 000	4320
Ганг и Брахмапутра (Азия)	39 000	2 000 000	2900
Янцзы или Чанцзян (Азия)	31 500	1 808 000	5800
Енисей (СССР)	19 800	2 619 000	5940
Миссисипи (Северная Америка)	19 000	3 220 000	3220
Лена (СССР)	16 300	2 478 000	1330
Замбези (Африка)	16 000	1 330 000	2660
Парапа (Южная Америка)	14 880*	4 250 000	4380
Ориноко (Южная Америка)	14 000	1 085 000	2400
Маккензи (Северная Америка)	14 000	1 760 000	1700
Иравади (Азия)	13 000	430 000	2150
Обь (СССР)	12 600	2 770 000	5570
Меконг (Азия)	12 000	810 000	4500
Нигер (Африка)	12 000	2 090 000	4160
Волга (СССР)	8 200**	1 380 000	3690
Дунай (Европа)	6 430	817 000	2850

\* У г. Росарио.

\*\* У г. Волгограда.

Советский Союз — одна из основных морских держав мира. Его берега омываются водами четырнадцати морей и трех океанов. Протяженность берегов свыше 60 тыс. км, а с учетом береговой линии островов — почти 110 тыс. км.

Советский Союз располагает огромными ресурсами пресной воды. Основную часть водных ресурсов составляет речной сток. По числу рек и их протяженности Советский Союз занимает первое место в мире. Возникновению и развитию больших

#### 4. Характеристика больших, наиболее водоносных рек СССР [176]

Реки	Годовой сток			Длина, км	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Место средн рек СССР по площади водосбора
	км <sup>3</sup>	тыс. м <sup>3</sup> /с	л/(с/× км <sup>2</sup> )			
Енисей	623	19,8	7,5	5 940	2 619	2
Лена	515	16,3	6,6	4 270	2 478	3
Обь (до дельты)	397	12,6	5,1	5 570 <sup>1</sup>	2 770	1
Амур	392	12,4	6,1	4 060 <sup>2</sup>	2 050	4
Волга (у г. Волгограда)	259	8,92	6,1	3 090	1 350	5
Волга (устье)	253	8,00	5,8	3 690	1 380	—
Печора	130	4,12	12,6	1 790	327	12
Колыма	123	3,90	5,9	2 600	665	6
Хатанга	121	3,84	9,0	1 510 <sup>3</sup>	422	8
Северная Двина	110	3,50	9,7	1 310 <sup>4</sup>	360	11
Пясины	84,4	2,68	15,0	680	178	19
Нева	81,6	2,60	9,0	74	281	13
Амурарья (от г. Керки)	63	2,00	8,8	2 020 <sup>5</sup>	227	16
Оленек	58,3	1,85	8,0	2 415	231	15
Индирикка	57,0	1,81	5,0	1 790	362	10
Анадырь	52,5	1,66	8,4	1 170	200	18
Днепр	52,1	1,65	3,3	2 285	503	7
Таз	38,1	1,21	8,5	780	142	21
Пур	34,1	1,08	9,0	500	120	23
Камчатка	32,4	1,03	18,5	700	55,7	35
Яна	31,5	1,00	4,2	1 170	238	14
Дон	29,1	0,92	2,2	1 970	422	9
Таймира	29,0	0,92	9,0	636	102	25
Мезень	27,9	0,89	11,6	910	76,5	28
Пенжина	21,3	0,68	9,0	640	75,2	29
Неман	21,0	0,67	7,2	937	98,1	26
Западная Двина	20,5	0,65	6,7	1 020	84,5	27
Сырдарья (у Кыл-Киш-лак)	18,4	0,58	4,3	2 860 <sup>6</sup>	136	22
Уда	18,0	0,57	9,0	—	64,1	32
Кура	18,3	0,58	3,1	1 515	188	19

Реки	Годовой сток			Длина, км	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Место среди рек СССР по площади водосбора
	км <sup>3</sup>	тыс. м <sup>3</sup> /с	л.(с/× км <sup>2</sup> )			
Онега	15,9	0,51	8,8	416	57,9	33
Или (Илийское)	14,6	0,46	4,1	1 380	113	24
Кубань (у г. Краснодар)	13,1	0,42	9,1	970	45,9	36
Урал (у г. Кушум)	12,5	0,40	12,2	2 530	180	17
Днестр	10,6	0,34	4,7	1 410	72	30
Алазея	10,1	0,32	5,0	1 400	64,4	31

<sup>1</sup> От истока р. Иртыша.

<sup>2</sup> От истока р. Шилки.

<sup>3</sup> Считая за исток р. Котуй.

<sup>4</sup> От истока р. Сухоны.

<sup>5</sup> Считая за исток р. Вахтжир.

<sup>6</sup> Считая за исток р. Нарын.

речных систем способствовало наличие на территории страны больших равнин. Так, бассейн питания каждой из пяти наиболее крупных рек нашей страны превышает 1 млн. км<sup>2</sup>, а свыше 50 рек имеет площадь водосбора более 100 тыс. км<sup>2</sup>, что создает благоприятные условия для сбора больших объемов воды, питающей эти реки. Объем воды, поступающей в моря только из главнейших рек (табл. 4) страны, превышает 3,5 км<sup>3</sup> в год [176].

В нашей стране насчитывается около 3 млн. рек общей протяженностью до 10 млн. км. Среди них более 2,5 млн. малых рек, длиной менее 10 км. Рек длиной 10...25 км примерно 114 тыс., 26...100 км — около 33000, от 101 до 500 км — свыше 3844. Длина больших рек 501...1000 км, их насчитывается 260. Рек длиной более 1000 км на территории нашей страны 63. Большие реки нашей страны принадлежат к числу крупнейших артерий мира. Так, Обь по площади водосбора, а Енисей по водности занимают пятое место среди крупнейших рек земного шара.

Наибольшее развитие речная сеть получила на территории с высоким уровнем грунтовых вод, что характерно для лесной зоны. Основу этой сети составляют малые реки, существование которых тесно связано с лесной растительностью.

Средняя многолетняя величина речного стока составляет 4714 км<sup>3</sup> в год, что определяет довольно высокую среднюю обеспеченность пресной водой на душу населения. Для сравне-



## 5. Большие озера Советского Союза\*

Озера	Высота над уровнем моря, м	Площадь водной поверхности, км <sup>2</sup>	Наибольшая глубина, м	Объем воды, км <sup>3</sup>
Каспийское море	28	395 000	980	76 040
Аральское море	53	63 400	68	1 023
Байкал	454,5	31 500	1 741	21 670
Ладожское	5	18 400	225	933
Онежское	33	9 600	120	295
Балхаш	340	17 300	26	112
Иссык-Куль	1 609	6 200	702	1 730
Таймыр	6	4 650	26	—
Ханка	69	4 400	10	—
Чудско-Псковское	30	3 500	15	24,1
Чаны	103	2 600	10	—
Зайсан	386	1 800	8	—
Тенгиз	—	1 500	Незначительны	
Севан	1 916	1 416	98	58,5
Белое	111	1 200	11	—
Выгозеро	89	1 159	18	7,18
Топозеро	109	1 049	56	15,7
Ильмень	18	1 100	5—6	3

\* Гидрографические характеристики озер относятся к их естественному состоянию. Под воздействием хозяйственной деятельности уровень некоторых озер понизился (Севана, Каспийского моря) или повысился (Байкала, Онежского озера, Зайсана) и размеры озер изменяются.

ния отметим, что среднегодовой сток рек США — около 2000 км<sup>3</sup>, Канады — 2472, Франции — 183, Норвегии — 405 км<sup>3</sup> в год. Однако на территории нашей страны водные ресурсы распределены неравномерно. На районы, где проживает свыше 70% населения и сконцентрировано около 80% промышленного и сельскохозяйственного производства, приходится немногим более 20% речного стока, формирующегося на территории страны. Засушливые районы, имеющие большое экономическое значение, располагают всего 2% водных ресурсов страны [20].

Значительные ресурсы вод находятся в озерах, количество которых в нашей стране превышает 2,8 млн. Общий запас пресной воды в них около 26,5 тыс. км<sup>3</sup>, причем около 26,2 тыс. км<sup>3</sup>

воды сосредоточено в 16 крупных озерах, а 87% этого объема находится в оз. Байкал. В табл. 5 приведены данные о площади водной поверхности и объеме воды крупных озер СССР [176].

На территории страны озера распространены неравномерно: в одних районах они встречаются очень редко или их совсем нет, в других они занимают до 10...50% общей площади.

Большую роль в гидрографическом облике ландшафта играют водохранилища, число которых за последние 25...30 лет на земном шаре утроилось, а объем их возрос в 5 раз. Всего на земном шаре насчитывается более 10 тыс. водохранилищ, суммарная площадь которых равна площади Каспийского и Аральского морей. По расчетам Института водных проблем АН СССР, их полный объем составляет около 5 тыс. км<sup>3</sup>, что в 4 раза превышает объем воды в речных руслах (1,2 тыс. км<sup>3</sup>), а суммарный полезный объем — 3 тыс. км<sup>3</sup> позволяет увеличить устойчивый речной сток со всей суши земного шара (12 тыс. км<sup>3</sup>) на 25%. В СССР на конец 1970 г. насчитывалось свыше 1000 водохранилищ объемом более 1 млн. м<sup>3</sup> каждое; их суммарный объем 1012 км<sup>3</sup>, полезный — 475 км<sup>3</sup>. Свыше 80% объема сосредоточено в водохранилищах объемом более 100 млн. м<sup>3</sup> [2]. Основные данные о водохранилищах вместимостью более

#### 6. Сведения о водохранилищах земного шара [2]

Части света	Водохранилища объемом более 100 млн. м <sup>3</sup>		Объем стока км <sup>3</sup>	Отношение объема водохранилища к объему стока, %	Объем воды водохранилищ на одного жителя, тыс. м <sup>3</sup>
	число	суммарный объем, км <sup>3</sup> .			
Европа	439	489	2 844	17,1	0,8
в том числе СССР	110	352	1 012	35,0	1,9
Азия	515	1541	12 850	13,8	0,8
в том числе СССР	70	642	3 208	9,4	10,3
Африка	36	902	4 657	20,0	2,6
Северная Америка	605	1101	5 388	20,0	3,4
Южная Америка	74	344	7 904	4,0	1,8
Австралия вместе с Океанией	48	63	1 919	3,0	3,3
<b>Всего</b>	<b>1717</b>	<b>4440</b>	<b>36 261</b>	<b>12,1</b>	<b>1,25</b>
<b>В том числе СССР</b>	<b>180</b>	<b>994</b>	<b>4 220</b>	<b>23,2</b>	<b>4,2</b>

100 млн. м<sup>3</sup> на 1 января 1974 г. по частям света приведены в табл. 6.

Первое место в мире по количеству водохранилищ занимает США [232]. Число искусственных водоемов там достигает 3160, из которых более 1600 с полезным объемом свыше 5 тыс. акрофутов (6,2 млн. м<sup>3</sup>). В Великобритании, Италии, Франции, Швейцарии и Японии имеется много малых водохранилищ и почти нет искусственных водоемов с объемом более 1 км<sup>3</sup> [2]. Всего на земном шаре создано и подготавливается к заполнению около 30 водохранилищ, вместимостью свыше 25 км<sup>3</sup>, функционирует несколько десятков водохранилищ вместимостью от 10 до 25 км<sup>3</sup> и сотни — от 1 до 10 км<sup>3</sup> воды. Основные сведения о самых крупных водохранилищах мира приведены в табл. 7 [2]. Водохранилища создают, как правило, для водоснабжения, гидроэнергетики, ирригации, водного транспорта, рекреации, борьбы с наводнениями; значительное количество их используют одновременно в нескольких направлениях. Крупнейшие водохранилища вносят серьезные изменения в природу и водное хозяйство. В ряде стран, например в СССР, США, Гане и др., создание водохранилищ заметно увеличило озерность территории, изменило гидрографическое размещение водоемов озерного типа и т. д. Искусственным водохранилищам свойственны закономерности формирования и развития, присущие естественным водоемам, вместе с тем на все процессы, протекающие в водохранилищах, большое влияние оказывают антропогенные факторы.

Много воды содержится в крупных горных ледниках — около 3 тыс. км<sup>3</sup>. Более 290 км<sup>3</sup> составляют разведанные запасы пресных подземных вод.

Поверхностные водные ресурсы распределены по странам и континентам неравномерно. В Европе и Азии, где проживает около 70% населения планеты, сосредоточено лишь 39% речных вод. Сведения о распределении поверхностных вод по континентам приведены в табл. 8.

Не все страны мира одинаково обеспечены пресной водой. В Советском Союзе водообеспеченность составляет 19,2 тыс. м<sup>3</sup> в год, в США — около 10 тыс. м<sup>3</sup> в год. В Китае и Индии на одного человека приходится соответственно 3,4 и 3,1 тыс. м<sup>3</sup>, а в Норвегии и Канаде — 108,8 и 125,4 тыс. м<sup>3</sup>.

Дальнейший рост населения на земном шаре неизбежно вызовет увеличение потребления водных ресурсов. Расчеты демографов свидетельствуют о том, что численность населения земли к 2000 г. будет в пределах от 4,9 до 6,9 млрд. человек; наиболее вероятной считается цифра 6,3 млрд. Ежегодно численность населения возрастает на 60...70 млн. человек [204].

## 7. Крупнейшие

Водохранилища	Реки, озера	Страны	Годы заполнения водохранилища (до НПУ) <sup>3</sup>
Оуэн-Фолс (Виктория)	р. Виктория-Нил оз. Виктория	Уганда, Кения, Танзания	1954
Братское	Ангара	СССР	1961—1967
Кариба	Замбези	Замбия, Юж. Родезия	1958—1963
Насер	Нил	АРЕ, Судан	1964
Вольта	Вольта	Гана	1964—1967
Даниэль Джонсон	Река и озеро Маникуаган, оз. Мусалаган	Канада	1968
Эль Мантеко <sup>1</sup>	Карони	Венесуэла	1968
Гордон М. Хрум	Пис-Ривер	Канада	1968
Красноярское	Енисей	СССР	1967—1970
Зейское	Зея	СССР	1975
Вади Тартар <sup>2</sup>	Тигр	Ирак	1956
Кабора Басса	Замбези	Мозамбик	Подготавливается
Саньмышья	Хуанхэ	КНР	1962
Усть-Илимское	Ангара	СССР	1974
Куйбышевское	Волга	СССР	1955—1957
Бухтарминское	Иртыш оз. Зайсан	СССР	1960—1967

<sup>1</sup> Показатели последней очереди строительства гидроузла; полный объем

<sup>2</sup> Расположено в междуречье Тигра и Евфрата и наполняется паводко-

<sup>3</sup> Первое число — год начала наполнения водохранилища (в отдельных заполнениях водохранилища до НПУ.

<sup>4</sup> Виды использования водохранилища: Э — гидроэнергетика; И — иррига- Р — рыболовство; В — водоснабжение и охлаждение; Л — лесосплав; П —

\* Объем оз. Виктория до подпора не учитывается; некоторые исследова-

\*\* В ряде источников 70...76 км<sup>3</sup>.

\*\*\* После ввода Чебоксарской и Нижнекамской ГЭС — 5 900 км<sup>2</sup>.

\*\*\*\* В том числе площадь оз. Зайсан — 1 850 км<sup>2</sup>.

водохранилища мира [2]

Вид регулирования	Подпор у плотины, м	Объем водохранилища при НПУ, млрд. м <sup>3</sup>		Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	Виды использования водохранилища <sup>1</sup>
		полный	полезный		
Многолетнее	2	204,8*	204,8	76 000	Э, Р, И, От
То же	106	169,3	48,2	5 470	Э, С, Л, Р, В, От
„	100	160,3	46,0	4 450	Э, С, И, Р, От
„	95	157,0	74,0	5 120	И, Н, Э, С, Р, П, От
„	70	148,0	90,0	8 480	Э, С, Р, И, Н, От
„	195	141,7	85,9	1 940	Э, С, Н
„	136	111,2	55,0	—	Э
„	165	108,4**	37,0	1,655	Э, Н, С
Сезонное	100	73,3	30,4	2 000	Э, С, Р, В, От
Многолетнее	90	68,4	32,1	2 419	Н, Э, С
То же	—	67,0	—	2 000	Н, И
Сезонное	100	66,4	—	2 700	Э, И, С, Н, От
Многолетнее	80	65,0	55,0	3 500	Н, И, Э, С, Р
Сезонное	88	59,4	2,8	1 870	Э, С, Л
То же	25	58,0	34,6	6 448***	Э, С, И, В, Р, П, От
Многолетнее	67	49,6	30,8	5 490****	Э, С, И, Р, Н, От

первой очереди — 17,3 км<sup>3</sup>, мощность ГЭС — 1760 тыс. кВт. выми водами Тигра.

случаях оно означает год пуска первого агрегата ГЭС); второе число — год

ция; Н — борьба с наводнениями (контроль за паводками); С — судоходство; обеспечение пропусков в нижние бьефы в различных целях; От — рекреация. тели считают, что плотина не вызывает подпора озера.

## 8. Обеспеченность континентов пресной водой [104]

Континенты (с островами)	Сток		Доля в сум- марном стоке, %	Водообеспеченность			Сток на душу населе- ния, тыс. м <sup>3</sup> в год
	мм	км <sup>3</sup>		Пло- щадь тыс. км <sup>2</sup>	Сток л (с·км <sup>2</sup> )	Население, млн. чел. (по данным на 1971 г.)	
Европа	306	3 210	7	10 500	9,7	654	4,9
Азия	332	14 410	31	43 475	10,5	2 161	6,7
Африка	151	4 570	10	30 120	4,8	290	15,8
Северная Аме- рика	339	8 200	17	24 200	10,7	327	25,1
Южная Америка	661	11 780	25	17 800	21	185	63,6
Австралия (с о. Тасмания)	45,3	348	1	7 683	1,44	12,7	27,4
Океания	1610	2 040	4	1 267	51,1	7,1	287
Антарктида	165	2 310	5	13 980	5,2	Постоянного на- селения нет	—

В Европе величина речного стока изменяется от 5000 мм (на юго-западном побережье Норвегии) до 15 мм (в юго-восточных районах европейской части СССР), т. е. более чем в 300 раз. Потребление пресной воды во всем мире очень велико. Динамика роста полного водопотребления (водозабора и безвозвратного водопотребления) по отраслям производства на земном шаре приведена в табл. 9 [104].

В связи с бурным развитием промышленности, сельского хозяйства и с урбанизацией на Европейском континенте значительно увеличился объем водозабора, что привело к истощению запасов пресных вод и к дефициту водных ресурсов в отдельных бассейнах и регионах. Некоторые сведения об объеме водозабора по данным Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК) приведены в табл. 10.

Неравномерность размещения водных ресурсов в нашей стране — объективный фактор, который в значительной степени определяет возможность их использования. С ростом водопотребления влияние этого фактора все более усиливается. Если в 1950 г. общий водозабор в стране составлял около 100 км<sup>3</sup>, то через 10 лет он достиг 145...150, а в 1970 г. — 240 км<sup>3</sup>. В обозримой перспективе годовая потребность в воде составит 700 км<sup>3</sup>, из которых около 300 км<sup>3</sup> воды будут расходоваться безвозвратно (табл. 11).

## 9. Динамика водопотребления на земном шаре [104]

Водопотребитель	Водопотребление, км <sup>3</sup> /год							
	1900	1940	1950	1960	1970	1975	1985	2000
Коммунальное хозяйство	$\frac{20}{5}$	$\frac{40}{8}$	$\frac{60}{11}$	$\frac{80}{14}$	$\frac{120}{20}$	$\frac{150}{25}$	$\frac{250}{38}$	$\frac{440}{65}$
Промышленность	$\frac{30}{2}$	$\frac{120}{6}$	$\frac{190}{9}$	$\frac{310}{15}$	$\frac{510}{20}$	$\frac{630}{25}$	$\frac{1100}{45}$	$\frac{1900}{70}$
Сельское хозяйство	$\frac{350}{260}$	$\frac{660}{480}$	$\frac{860}{630}$	$\frac{1500}{1150}$	$\frac{1900}{1500}$	$\frac{2100}{1600}$	$\frac{2400}{1900}$	$\frac{3400}{2600}$
Водоохранилища	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{20}{20}$	$\frac{70}{70}$	$\frac{110}{110}$	$\frac{170}{170}$	$\frac{240}{240}$
Всего с округлением	$\frac{400}{270}$	$\frac{820}{500}$	$\frac{1100}{650}$	$\frac{1900}{1200}$	$\frac{2600}{1600}$	$\frac{3000}{1800}$	$\frac{3000}{2200}$	$\frac{6000}{3000}$

Примечание. В числителе — полное, в знаменателе — безвозвратное потребление.

## 10. Объем водозабора в некоторых странах [67]

Страны	Водозабор, млн. м <sup>3</sup> /год			
	на коммунально-бытовые нужды	промышленностью	сельским хозяйством	на другие виды использования
ФРГ	2900	11 900	700	12 500
Бельгия	407	22 295	102	—
Финляндия	309	3 917	382	—
Греция	349	73	2900	30
Венгрия	720	2 410	2490	3 000
Нидерланды	695	1 012	1000	28 000
Польша	1276	7 678	1868	—
Великобритания	3366	5 274	85	—
Швейцария	375	127	200	—
Чехословакия	590	3 797	216	122

Расчетами Института водных проблем АН СССР установлено, что по сравнению с 1970 г. потребление свежей воды в 2000 г. увеличится в ирригации в 1,8 раза, в промышленности в 1,8 раза, на хозяйственно-бытовые нужды городского

## 11. Водопотребление в СССР [104]

Водопотребитель	Водопотребление, км <sup>3</sup> /год										
	1900	1940	1950	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	2000
Коммунальное хозяйство	1,6 <u>0,6</u>	3,0 <u>0,9</u>	3,5 <u>0,9</u>	5,0 <u>1,0</u>	6,0 <u>1,1</u>	9,7 <u>1,7</u>	14 <u>2,3</u>	20 <u>2,6</u>	26 <u>3,0</u>	33 <u>3,4</u>	42 <u>4,0</u>
Промышленность	1,0 <u>0,1</u>	7,0 <u>0,5</u>	10 <u>0,8</u>	25 <u>1,7</u>	46 <u>2,0</u>	66 <u>2,8</u>	83 <u>3,9</u>	108 <u>5,7</u>	141 <u>1,8</u>	185 <u>10,8</u>	220 <u>12</u>
Сельское и рыбное хозяйство	40 <u>26</u>	77 <u>47</u>	89 <u>53</u>	105 <u>64</u>	123 <u>74</u>	149 <u>90</u>	181 <u>107</u>	236 <u>139</u>	270 <u>162</u>	317 <u>181</u>	420 <u>238</u>
Водохранилища	0 <u>0</u>	0,5 <u>0,5</u>	2 <u>2</u>	10 <u>10</u>	12 <u>12</u>	14 <u>14</u>	16 <u>16</u>	18 <u>18</u>	20 <u>20</u>	21 <u>21</u>	22 <u>22</u>
Сумма (с округлением)	43 <u>27</u>	88 <u>49</u>	104 <u>57</u>	145 <u>77</u>	187 <u>89</u>	239 <u>108</u>	290 <u>130</u>	380 <u>170</u>	460 <u>190</u>	560 <u>220</u>	700 <u>280</u>

Примечание: В числителе — полное, в знаменателе — безвозвратное водопотребление.

населения в 5,2 раза, сельского населения и животноводства в 4 раза (19).

Водное хозяйство СССР — сложный организм. В его задачу входит удовлетворение возрастающих хозяйственно-бытовых нужд и потребности в питьевой воде, водоснабжение промышленности и сельского хозяйства; оно тесно связано с такими отраслями народного хозяйства, как гидро- и теплоэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство и др. В зависимости от характера использования водных ресурсов различают водопользователей и водопотребителей. К первым относятся те отрасли народного хозяйства, которые, используя воду, не расходуют ее. Это рыбное хозяйство, водный транспорт, гидроэнергетика и др. Основные водопотребители — промышленность, сельское и коммунальное хозяйства. Для них характерно безвозвратное использование воды, взятой из источника, или ухудшение ее качества. Самый крупный водопотребитель — сельское хозяйство.

На орошение, обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение расходуется более 50% всей воды в стране. Из года в год увеличиваются площади орошаемых земель, а с ними и потребность в воде [120]:

Годы	1940	1950	1965	1970	1975	1976
Площадь орошаемых земель во всех категориях хозяйств, млн. га . . .	8,1	8,6	9,9	11,1	14,5	15,3
В том числе в колхозах, совхозах и других государственных хозяйствах . . .	—	8,3	9,8	10,9	14,2	15,1



Сельскому хозяйству принадлежит более 80% безвозвратного водопотребления. Отсюда очевидна первостепенная задача ирригаторов — разработка мероприятий, направленных на экономное расходование воды в этой отрасли хозяйства. Уже немало сделано. Значительно повысился технический уровень оросительных систем и техника полива, резко увеличился удельный вес закрытой сети, возросло число каналов в бетонной облицовке и в железобетонных лотках или трубопроводах, повысилась оснащенность водозаборов инженерными сооружениями, внедряются прогрессивные способы полива, широко используется современная поливная дождевальная техника и многое другое.

Крупнейшие водопотребители — черная и цветная металлургия, химическая, нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, пищевая и целлюлозно-бумажная промышленность. Как в сельскохозяйственном производстве, так и в промышленности наблюдается неэкономное использование воды. Нередко для технических нужд расходуется очищенная питьевая вода. Анализ водопотребления промышленных предприятий различных отраслей показывает, что удельное водопотребление (расход воды на единицу продукции) однотипными предприятиями при выпуске одних и тех же видов изделий различно. Это обусловливается несовершенством технологических процессов или водопроводно-канализационного хозяйства, а также слабым контролем за нормами расхода воды.

Следовательно, разработка и внедрение технологических схем, оптимальных в отношении использования водных ресурсов на промышленных предприятиях, — важное направление деятельности отраслей народного хозяйства. Нуждаются в уточнении и нормы потребления воды на единицу выпускаемой продукции. Это в полной мере относится и к коммунальному хозяйству, где потери воды еще очень велики. Потери воды в жилых и общественных зданиях составляют 20...35% фактического ее потребления.

Большинство крупных и средних рек СССР — важные пути сообщения. Особенно большую роль играет судоходство на Волге, Каме, Днестре, Дону, Северной Двине, Оби, Енисее, Лене, Амуре. Велика и роль морей. Для ряда районов водный транспорт — основной вид перевозки грузов и пассажиров. Значительная часть древесины из районов лесозаготовок доставляется к местам переработки и к пунктам перевалки по сплавым рекам.

В больших и малых водоемах (реках, озерах, прудах, искусственных водохранилищах) сосредоточена богатейшая «рыбная кладовая». Рыба и рыбопродукты занимают значительное

место в пищевом балансе населения, а также являются источником удовлетворения потребностей животноводства в кормах и промышленности в сырье. Задача состоит в том, чтобы предотвратить истощение запасов рыб, увеличить биопродуктивность водоемов.

Особого внимания и всестороннего изучения заслуживают санитарно-гигиеническое состояние водоемов и пути их улучшения. В зависимости от степени загрязнения водоемов сточными водами изменяются характер и степень их использования. Загрязненная вредными веществами вода не только сама становится непригодной для большинства видов ее использования, но и наносит колоссальный, часто непоправимый ущерб природной среде, с которой она соприкасается. В такой воде гибнет рыба, исчезают другие представители водной фауны и флоры. В прибрежных районах загрязненные вредными веществами воды создают серьезную угрозу и для человека. Загрязнение водоемов характеризуется прежде всего появлением на поверхности воды плавающих веществ и отложением их на дне, изменением органолептических свойств (прозрачности, цветности, запаха, вкуса и др.) и химического состава воды (органических и минеральных примесей), появлением ядовитых веществ и др., а также изменением видов и количества различных бактерий и микроорганизмов.

Практически во все водоемы развитых стран сбрасываются сточные воды, с которыми в водоемы попадает большое количество неорганических и органических соединений. Бассейны почти всех рек США, Японии, европейских стран, и в том числе отдельные реки европейской части СССР, давно вышли из естественного состояния и превратились в своеобразные транспортные, энергетические, водопроводные системы. На такие реки приходится около 20% мирового стока. В следующем столетии в этой категории могут оказаться почти все реки планеты [204].

Значительно загрязняются промышленными отходами моря и океаны. Сильно загрязнены ими воды Атлантического бассейна — Северного, Ирландского морей, Ла-Манша, Бискайского залива, Балтийского моря, а также большие части акватории Средиземного моря у берегов Франции, Испании и Италии, воды у берегов Американского континента. Серьезную тревогу вызывает загрязнение промышленными отходами прибрежных вод Средиземного моря, на берегах которого проживает около 100 млн. человек. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), средиземноморские страны ежегодно сбрасывают в море 12 млн. т всевозможных органических отходов. Помимо этого, от промышленных предприятий ежегодно в Сре-

земное море поступает 1 млн. т азота, 360 тыс. т фосфора, 21 тыс. т цинка, 2400 т хрома и 2500 т различных радиоактивных веществ. Только в бухту Марсельского порта ежедневно поступает около 400...500 т моющего вещества, 3 т нефтепродуктов, 45 т хлора, а также большое количество различных ядохимикатов и тяжелых металлов. В результате этого в бухте исчезла растительность и животный мир [191].

Общее количество нефти и нефтепродуктов, ежегодно попадающих в воды Мирового океана, достигает 10 млн. т. Поступают они со сточными водами нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, при погрузке судов, со сточными водами судоремонтных заводов, с балластными водами танкеров и другими путями. Источник загрязнения океана нефтью и нефтепродуктами — транспортные суда, на которых нередко происходят аварии. Сильнее всего страдают от этого Ирландское, Северное, Тирренское моря, Бискайский залив [8]. Наиболее загрязнено нефтепродуктами Средиземное море, через которое проходят все нефтеналивные суда, идущие с Ближнего Востока в восточную часть Атлантического океана. Только в 1970 г. в Средиземное море было сброшено около 300 тыс. т нефтяных остатков; в 1980 г. их объем возрастет до 650 тыс. т [119]. Подмечено, что южнее Италии на каждый квадратный километр водной поверхности приходится около 500 л нефти. Нефтяная пленка на поверхности воды препятствует обогащению воды кислородом и сама потребляет кислород при распаде.

Загрязнение воды нефтью — серьезное препятствие для фотосинтеза, от которого зависит жизнь и рост фитопланктона, являющегося пищей многим обитателям моря. Различные загрязняющие вещества, поглощенные рыбой и другими морскими существами, попадают в конечном счете в пищу человека и создают угрозу его здоровью и жизни.

Значительно увеличилось загрязнение промышленными отходами внутренних водоемов. Четвертая часть всех рек и более чем половина каналов Англии непригодны для использования из-за большого загрязнения сточными водами. Так, 180 млн. л сточной воды ежедневно сбрасывается в реку Тайн, в районе которой живет более 900 тыс. человек. В этой реке, известной ранее богатыми запасами лосося и семги, почти полностью перестала водиться рыба. Сильно загрязнена р. Темза, в которую поступают все сточные воды Лондона.

«Река По еще не умерла, но очень серьезно больна», — так охарактеризовал важную водную артерию Италии профессор Миланского университета Роберто Маркетти. В реку сбрасывают отходы более чем 200 тыс. предприятий. В район дельты

она ежегодно переносит в своих водах 27 млн. т различных веществ, в том числе 11 млн. т аммиака, 243 т мышьяка, 65 т ртути. Кроме того, в нее ежегодно поступает 64 тыс. т жидкого топлива [146].

В США загрязненность наземных вод вредными веществами возросла к 1960 г. по сравнению с 1900 г. почти в 6 раз, причем наибольшее увеличение загрязнения (в 10 раз) произошло в результате сброса промышленных отходов. Многие реки, протекающие по наиболее обжитым районам, превратились в открытые канализационные каналы. В оз. Эти рыбы гибнут в отвратительной жиже из мазута, грязи, отходов и сточных вод. Только река Детройт ежедневно приносит в него свыше 9000 т отходов из 12 городов США и Канады.

До 25% бытовых сточных вод поступает в реки без предварительной обработки. Положение в районах, для которых Великие озера — источник пресной воды, приближается к грани катастрофы. Отравлены воды р. Иллинойс; сильно загрязнено оз. Мичиган и др. Река Потомак, на которой расположен Вашингтон, являвшаяся ранее исключительно красивым и чистым потоком, превратилась в «открытую сточную канаву». На ее дне толщина слоя отходов местами достигает 3 м [8, 154].

Общий объем сточных вод, ежедневно поступающих в водоемы ФРГ, составляет 45 млн. м<sup>3</sup>, из них более 32 млн. м<sup>3</sup> приходится на промышленные сточные воды и 13 млн м<sup>3</sup> — на коммунальные. В стране наблюдается тенденция к увеличению объема сточных вод, сбрасываемых в реки [205]. Только в Рейн ежедневно сбрасывается свыше 50 тыс. т преимущественно промышленных сточных вод, с которыми в него попадает около 9600 т различных соединений и окислов цинка, 6500 т свинца, 2900 т меди, 2000 т белого мышьяка, сотни тонн хрома, кадмия, ртути. Из Эмшера, принимающего в себя сточные воды Рурской промышленной области, ежедневно сбрасывается в Рейн 30 тыс. кг фенола. В значительной степени вредными веществами загрязнена р. Саар. Только из г. Росселя в нее ежедневно поступает около 7 тыс. т грязной жидкости. На многие километры река омертвлена. Есть случаи отравления подземных вод. Из подземных нефтяных резервуаров в грунт ежегодно проникает до 2500 м<sup>3</sup> нефтяных масел. Реки Франции ежегодно несут в океан 18 млрд. м<sup>3</sup> жидких отходов; один Париж ежедневно извергает в Сену почти 1,2 млн. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод [146, 198]. Целый ряд японских рек, протекающих по территории городов Токио, Осака, Нагоя, стали мертвыми. С 1967 г. никто не решается в них купаться.

Санитарное состояние рек и озер находится в исключитель-

по тяжелом положении в Швейцарии, Голландии, Австрии, Испании и других европейских странах. Наблюдается повышенная концентрация вредных веществ в водах рек Прут и Сирет (Румыния). Исследованиями в уезде Ботошань было установлено, что основная причина загрязнения речной воды сточными водами в этом районе — неудовлетворительная работа очистных сооружений на животноводческих комбинатах [226].

До недавнего времени в значительных количествах сбрасывались неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды в бассейны рек Волги и Урала и другие водоемы Советского Союза. Подсчитано, что в 1975 г. в нашей стране общее количество всех видов сточных вод, сбрасываемых в водоемы и водотоки, составляло примерно 200 км<sup>3</sup>, в том числе 80 км<sup>3</sup> промышленных, 45...50 км<sup>3</sup> сельскохозяйственных и 11...12 км<sup>3</sup> коммунально-бытовых [42]. В результате принятых мер, направленных на предотвращение загрязнения рек сточными водами, резко уменьшился объем поступления в водоемы промышленных и хозяйственно-бытовых отходов. Более чем на 900 тыс. м<sup>3</sup> сократился ежедневный сброс неочищенных стоков в бассейн Черного и Азовского морей.

На заводах, фабриках и в ряде городов страны построено большое число сложных и эффективных очистных сооружений, осуществляется строительство крупных комплексов для очистки сточных вод в отдельных промышленных районах. Широко внедряются в промышленности оборотное водоснабжение и безводные технологические процессы, ведется строительство установок для извлечения из сточных вод ценных веществ. Серьезные меры принимаются для предотвращения загрязнения сточными водами Черного, Азовского и Балтийского морей. Особое внимание уделяется охране бассейна оз. Байкал, в котором сконцентрированы крупнейшие запасы сверхчистых вод. Принятые меры позволили значительно улучшить санитарно-гигиеническое состояние водоемов нашей страны.

Советский Союз постепенно наращивает темпы строительства промышленных предприятий, не сбрасывающих сточные воды в водоемы. Для производства термической фосфорной кислоты, перерабатываемой на кормовые фосфаты и другие фосфорные соли, предложен способ, позволяющий полностью исключить сброс фосфорсодержащих сточных вод и шламов. Лисичанский и ряд других нефтеперерабатывающих заводов не будут сбрасывать сточные воды. Производство фосфорной кислоты и аммофоса на Алмалыкском химическом заводе организовано по замкнутому циклу с использованием обезвреженных сточных вод.

Полностью будут утилизироваться промышленные отходы на Первомайском химическом комбинате, строящемся на Украине; он станет прообразом завода без дыма и сточных вод. На Братском лесопромышленном комплексе — крупнейшем потребителе чистой воды в Сибири — создана надежная защита водоемов от загрязнения сточными водами. На нем введены в действие сооружения биологической и механической очистки сточных вод, созданы две системы биосорбционной очистки, введена эрлифтная система циркуляции сточных вод и активного ила в усреднителе и проведен целый ряд других мероприятий. Таким образом, проведена значительная работа для повышения качества условно чистых сточных вод, сбрасываемых в Братское водохранилище.

Однако еще не все сделано. На некоторых предприятиях темпы строительства очистных и других водоохраных сооружений отстают от темпов роста сброса неочищенных сточных вод, что может отрицательно сказаться на качестве воды в источниках. Нуждаются в дополнительных мерах повышения качества воды низовья Кубани, Днепра и Дона, на отдельных участках Кура, Сунжа, Белая, Северский Донец и некоторые другие реки. Отдельные участки водоемов в бассейне Волги относятся к «перегруженным» сточными водами в связи с развивающимися на них объектами.

Многолетними исследованиями состава и свойства воды водоемов и водотоков Верхней Волги с учетом влияния антропогенного фактора установлено, что максимальные величины цветности воды (100...155°) характерны для периода половодья (рр. Молога, Чагодоца, Шексна, Унжа); это связано с поступлением в них с весенним поверхностным стоком значительного количества органических веществ. Наибольшая цветность воды была отмечена в р. Мологе; небольшую цветность (10...30°) наблюдали в реках южной лесостепной части региона, а также в озерах (Сенеж, Плещеево, Симак) в период низкой межени зимой. Прозрачность воды изменялась в довольно широких пределах (от 1 до 30 см и более). Наименьшая прозрачность отмечалась в половодье в реках юго-восточной части региона (Суре, Кададе, Алатыре, Инсаре, Пьяне) и на участках сброса сточных вод. Минерализация воды изменялась от 47 до 1795 мг/л. Воды с максимальной минерализацией (1020...1795 мг/л) характерны для юго-восточной части территории (реки Теша, Сережа, Кудьма, Пьяна), маломинерализованные (менее 200 мг/л) — для северо-западной, западной и центральной части региона (реки Сура, Песь, Пра и др.) в межень.

Вызывает опасение санитарное состояние ряда водоемов (притоков) в связи с ростом расположенных на них населенных пунктов. Значительный объем загрязняющих веществ поступает в водоемы с водами поверхностного стока с территорий прилегающих населенных пунктов, промышленных предприятий, птицеводческих и животноводческих ферм, сельскохозяйственных угодий, обработанных удобрениями и пестицидами, а также территорий, захваченных эрозийными и абразионными процессами. Поверхностный сток из населенных пунктов почти не отличается от хозяйственно-бытовых сточных вод.

С поверхностным стоком с территорий промышленных предприятий обычно поступают в водоемы нефтепродукты, масла, продукты производства. Анализ вод поверхностного стока, поступающего во время дождей на главную канализационную насосную станцию Ленинграда, показал, что средняя концентрация взвешенных веществ в них на 189...200 мг/л, а БПК<sub>5</sub> — на 26 мг/л больше, чем в водах, поступающих в бездождный период. При увеличении притока воды в 2 раза по сравнению с притоком ее в сухую погоду максимальная концентрация взвешенных веществ составляла 3 г/л, а БПК<sub>5</sub> 222 мг/л [215, 216]. В ливневой канализации, по тем же данным, БПК<sub>5</sub> составляла 96...234 мг/л, а взвешенные вещества — 180...2300 мг/л [227]. Величина ливневых вод и степень их загрязнения вредными веществами с населенных территорий колеблется в значительных размерах (табл. 12).

## 12. Количество ливневых вод с территорий населенных мест и степень их загрязнения [215]

Площадь канализованных населенных мест, га	Количество ливневых вод		Количество загрязняющих веществ, содержащихся в ливневых водах,		Площадь канализованных населенных мест, га	Количество ливневых вод		Количество загрязняющих веществ, содержащихся в ливневых водах,	
	всего, тыс. м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /га	всего, т	кг/га		всего, тыс. м <sup>3</sup>	м <sup>3</sup> /га	всего, т	кг/га
40	51	1133	7,5	166	613	450	730	67,5	110
135	152	1133	22,8	169	1053	962	913	144,3	137
260	309	1190	46,5	179					

Количество загрязняющих веществ, выпадающих в осадок, зависит от ряда физико-химических факторов, прежде всего от скорости потока. Содержание органического вещества в осадке колеблется от 30 до 60%. Большое количество загрязняющих

веществ поступает с территории животноводческих ферм. Наибольшую опасность для водоемов представляют птицеводческие фермы и фабрики, в отходах которых на каждый 1 кг живого веса птицы приходится 0,28 кг азота, 0,31 кг фосфора и 0,17 кг калия [203]. Подсчитано, что в 1975 г. с сельскохозяйственных угодий в водоемы страны поступило азота почти в 3, а фосфора в 10 раз больше, чем с городскими сточными водами. Аналогичные данные получены и в других странах. В Швейцарии более 70% азота и до 50% фосфора поступает в озера с сельскохозяйственных земель. Довольно высокое содержание азота (до 10 мг/л) обнаружено в реках США, протекающих через сельскохозяйственные районы. Установлено, что количество фосфора, поступающего в оз. Вашингтон из почвы, достигает 57%.

С сельскохозяйственных угодий в ГДР поступление азота в водоемы с поверхностным стоком составляет 54%, вынос азота хозяйственно-бытовыми сточными водами — 22 и промышленными — 24% [41]. В значительном количестве выносятся азотные удобрения коллекторными водами; в отдельных оросительных системах в течение года с полей выносятся десятки тонн азота. Больше всего его выносятся в периоды внесения в почву удобрений и интенсивного полива. Установлено, что с рисовых чеков с коллекторно-сбросными водами уходит 14...18% общего количества удобрений. В зависимости от почвенно-климатических условий, агротехники, сельскохозяйственных культур, вида и технологии внесения удобрений с 1 га дренированной почв может вымываться от 1,4 до 80 кг нитратного азота, до 3 кг фосфора и 60 кг калия. В ФРГ из общего загрязнения вод азотом 35,3% его поступает с сельскохозяйственных территорий, 23,1 — из почвы, занятой лесами, пустырями и пр., 0,8 — с атмосферными осадками, 40,8% — со сточными водами [238].

Отечественные и зарубежные исследования свидетельствуют о возрастающей угрозе повсеместного загрязнения вод ядохимикатами в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства. Охрана вод в сельском хозяйстве особенно важна, так как огромные площади сельскохозяйственных угодий — это основные речные водосборы и именно на них формируется природное качество воды. С каждым годом количество и ассортимент пестицидов во всем мире увеличивается, что значительно повышает потенциальную и реальную опасность их для биосферы вообще и гидросферы в частности.

В ФРГ почти все реки содержат ДДТ, линдан, дильдрин. Воды ряда крупных рек страны сильно загрязнены эндосульфатом. В ФРГ ежегодно расходуется 12 тыс. т различных пе-



4 4750

стицидов [205]. Во Франции ежегодно используют 150 тыс. т ядохимикатов, из которых гербициды составляют 41%, фунгициды — 27, инсектициды — 24, прочие — 8%; применяют более 200 препаратов. Подсчитано, что в восточных районах США в реки поступает в среднем 5 мг пестицидов на 1 м<sup>2</sup> воды... В Нидерландах в результате использования пестицидов был уничтожен один из видов морских ласточек, а некоторые водоплавающие птицы оказались под угрозой истребления [13]. Исследованиями в провинции Нью-Брансуик (Канада) было установлено значительное количество инсектицидов в донных отложениях рек. В районе исследований, начиная с 40-х годов и до недавнего времени, в сельском хозяйстве применяли ДДТ и другие хлорорганические и фосфорорганические инсектициды. Химический анализ речных отложений показал, что многие образцы отложений содержат значительное количество ДДТ и метаболитов [239]. Остаточное количество пестицидов в отложениях рек возрастает с повышением уровня интенсивности ведения сельского хозяйства. Гигиенические исследования позволили установить миграцию ДДТ в цепях вода — планктон — рыба, вода — водные растения, вода — ил. Количество ДДТ в иле превышало его содержание в воде в 21 раз, в водных растениях — в 132 раза, в планктоне — в 53 тыс. раз, в рыбе — от 282 (мышечной ткани) до 4243 (висцеральный жир) раз [39].

В процессе миграции пестициды проходят сложный путь по трофическим цепям, подвергаются разнообразным воздействиям и превращениям, в результате чего они метаболизируют с образованием нередко более токсичных веществ, чем первоначальные. Особую опасность представляет миграция пестицидов в районах с сильно развитой водной эрозией почв, когда значительное количество их уносится с поверхностным стоком. Миграция ДДТ и ГХЦГ в этих условиях идет по многозвенной цепи: почва водосборного бассейна — поверхностный сток — вода в источнике — ил — водные растения — рыба, причем в последнем звене пестицидов отмечалось в несколько десятков раз больше, чем в начальном [39]. Ежегодно в воды морей и океанов поступают сотни тысяч тонн пестицидов, губительно влияющих на фитопланктон — начальное звено морских экосистем. Данные о содержании хлорорганических пестицидов в водоемах некоторых стран приведены в табл. 13 [102, 228].

Несмотря на сравнительно низкие концентрации хлорорганических пестицидов в воде, они способны накапливаться в водных живых организмах (планктоне, беспозвоночных, рыбах и др.). В отдельных видах рыб обнаружено от 0,1 до 1000

13. Содержание хлорорганических пестицидов в водоемах некоторых стран [102, 228]

Страны	Годы	Число проб	Водоемы	Содержание пестицидов, мг/л					
				ГХЦГ		ДДТ		дильдрин	
				максимальное	среднее	максимальное	среднее	максимальное	среднее
Великобритания	1969	76	Реки	118,0	25,82	—	—	423,0	25,16
	1969	9	Реки	98,0	18,7	15,0	1,6	40,0	3,3
	1969	9	Река в Йоркшире	180,0	38,6	908,0	64,6	630,0	114,0
ФРГ	1970	51	Главные реки	1700	138,2	300,0	18,9	165,0	3,2
США	1966	10	Р. Миссисипи	120,0	28,0	720,9	112,0	60,0	10,0
	1966	82	Реки в штате Калифорния	0,2	0,01	22,0	0,6	—	—
	1967	99	Большие реки	4,0	—	149,0	8,2	68,0	6,9
	1969	20	Реки на западе США	20,0	0,5	180,0	9,3	70,0	1,1
	1971	6	Реки в штате Айова	—	—	12,0	2,3	10,0	1,8
	1971	10	Реки в штате Флорида	—	—	40,0	26,4	—	—
	1971	12	Оз. Мичиган	—	—	160,0	111,0	—	—
Канада	1971	4	Оз. Онтарио	—	—	397,0	64,0	—	—

мг/кг ДДТ [228]. Наряду с хлорорганическими пестицидами в фито- и зоопланктоне накапливаются и другие хлорсодержащие органические соединения, например полихлорбифенилы (ПХБ), широко применяющиеся в электропромышленности и используемые в качестве стабилизаторов инсектицидов. По данным на 1972 г., мировое производство ПХБ составляло около 100 тыс. т в год [237].

Во многих странах в связи со значительным загрязнением морских вод ПХБ систематически исследуют заражение водных растений и организмов этими соединениями. Большое количество ПХБ часто находят в организмах рыб, в морских водорослях, китовом усе. Установлено, что больше всего остатков ПХБ концентрируется в атлантических лососях, обитающих в прибрежных районах.

Впервые в биологических объектах ПХБ определили в 1966 г. Он накапливается в тканях и органах большинства рыб, птиц и млекопитающих, но больше всего его в яйцах

и в низших животных. В 1972 г. фармакологическим комитетом США были исследованы 1274 образца продуктов и кормов. В 4,4% случаев был обнаружен ПХБ, причем в 16 пробах кормов для бройлеров концентрация его достигала 578 мкг/г. Особенно высокое содержание ПХБ в кормах было обнаружено в штате Мэн. Там в 1972 г. было забраковано 1400 тыс. бройлеров, в жире которых содержание ПХБ превышало 5 мкг/г [223].

Широкое применение в качестве пестицидов получили соединения меди, олова, цинка и ртути. Наибольшую опасность представляют соединения ртути. В Японии в период 1943—1970 гг. отмечалось отравление населения, проживающего на берегу залива Минамата, в который сбрасывали загрязненные солями метилртути сточные воды. Анализ 912 проб почвы в США показал, что ртуть в виде соединений составляла в ней от 55 до 4600 мкг/кг. Соединения ртути обнаружены в продуктах питания, в речной и морской воде и др. Содержание ртути в треске в районе Атлантического побережья Канады составляло 0,02...0,23 мг/кг, тунце — 0,33...0,86, камбале — 0,07...0,17 и меч-рыбе — 0,82...1 мг/кг. Ртуть в количестве 0,1...0,7 мг/кг обнаружена также у берегов Дании, Швеции, Греции, Югославии, Турции, Перу, США. От 0,09 до 1 мкг/л ртути отмечено в воде озер Северной Америки [102].

Серьезный вред водоемам наносит тепловое их загрязнение, вызываемое сбросом подогретых вод, использовавшихся для охлаждения оборудования и других целей. Подогретые воды нарушают биологическое и биохимическое равновесие в водоемах. Повышение температуры в реках способствует более быстрому развитию бактерий, снижающих содержание кислорода в воде. Неблагоприятные изменения происходят в литоральной фауне при сбросе теплых вод в море.

Ежегодно в реки ФРГ поступает 35...40 млн. м<sup>3</sup> подогретых вод. Более 55% всех ГЭС в стране охлаждают агрегаты речной водой и только около 35% с помощью градирен. Только одна фирма «Бауер» ежедневно сбрасывает в реки 1,7 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из которых более 80% — подогретые. В Рейн ежегодно сбрасывается 15 млн. м<sup>3</sup> подогретых вод [205].

Сброс огромного количества подогретой воды в водоемы, реки или водохранилища резко ухудшает их санитарное состояние, неблагоприятно влияет на рыбное хозяйство и создает благоприятные условия для развития макро- и микрофитопланктона, для зарастания и цветения, что в свою очередь приводит к резкому ухудшению цветности воды, появлению в ней привкусов и запаха.

Тепловое загрязнение, вызванное сбросом подогретых вод тепловыми (ТЭС) и атомными (АЭС) электростанциями в Великобритании, существенно влияет на эксплуатацию ряда рек страны. Несмотря на то, что законом запрещено сбрасывать воды, подогретые до температуры, превышающей температуру речной воды на 8°C, в стране часто сбрасывают воды, подогретые сверх допустимого температурного предела. Так, станция Хантерсон (Агршир, Шотландия) сбрасывает 91 тыс. м<sup>3</sup>/ч подогретых вод, температура которых на 10°C выше температуры воды в реке. Аналогичное положение наблюдается и на ряде других энергетических объектов. Всего в прибрежные воды промышленного юго-востока страны сбрасывается 7 млн. м<sup>3</sup> воды, подогретой до сверх допустимых пределов температуры [206].

Усиливается распространение теплового загрязнения вод в США. К 1980 г. 20% всего стока пресной воды в США будет расходоваться на охлаждение агрегатов АЭС и ТЭС [234]. Теплыми водами водоемы загрязняются почти во всех странах мира.

Особенно опасны для окружающей среды радиоактивные вещества, поступающие в водоемы главным образом со сточными водами. Они даже при высоком уровне активности не меняют внешнего вида воды, но очень опасны для человека. В настоящее время нет на земле поверхности водоемов, вода которых не содержала бы индикаторных концентраций таких долгоживущих нуклидов, как Sr<sup>90</sup> и Cs<sup>137</sup>. Они попали в водоемы в результате испытания ядерного оружия [98]. Исследователями в устье Роны (Франция) отмечена повышенная радиоактивность осадков. Спектрометрическим  $\gamma$ -анализом установлено повышенное содержание в осадках цезия 137, что вызвано сбросом радиоактивных отходов ядерного центра Маркуль. Радиоактивные вещества фиксируются в воде реки взвешенными частицами и выносятся на небольшое расстояние от устья в море [229].

Немалый вред водоемам, особенно зарегулированным, причиняет зарастание их водорослями, гниение которых придает воде неприятный запах и вкус. Сине-зеленые водоросли, выделяя биологически активные вещества, вызывают заболевание некоторых пород рыб. Например, 1/5 крупнейшего водохранилища Карибо на р. Замбези заросла водяным папоротником [13].

В Польше при оценке качества вод выделяют специальную категорию микровеществ, загрязняющих воду. В нее включают ряд веществ, находящихся в водоемах и сточных водах и отрицательно влияющих на органолептические и санитарные каче-

ства вод. Различают три типа таких микровеществ — органические, минеральные и вирусные (микроорганизмы).

Органические микровещества придают воде неприятный вкус и дурной запах. Их подразделяют на пять групп: продукты метаболизма микрофауны и микрофлоры, фенолы, поверхностно-активные вещества, пестициды, нефтепродукты. Степень токсичности органических микровеществ зависит от их вида и состояния. Большой токсичностью отличаются минеральные микровещества, которые оказывают вредное влияние на органолептические свойства воды. К ним относят мышьяк, барий, бор, кадмий, ртуть, хром шестивалентный, олово, селен, фтор, никель и другие элементы и соединения. Ионы этих металлов могут встречаться в естественных водах, а также в промышленных и сельскохозяйственных водных стоках, сбрасываемых в водоемы. Особого внимания заслуживают соединения фосфора, поступление которых в водные источники возможно из удобрений, пестицидов и различных детергентов.

Микроорганизмы чаще всего представлены энтеровирусами; они довольно стойки и не теряют своей инфекционности для человека даже после 30-минутного контакта воды с дозой  $15 \text{ мг/дм}^3 \text{ С}_2$  [224].

Одна из основных причин ухудшения качества вод — водная эрозия почв, в результате которой продукты эрозии смываются поверхностным стоком в водоемы. Ежегодно в водоемы поступает огромное количество твердых выносов, от которых в значительной степени зависит заиление водных источников, а также увеличение мутности воды в них. Суммарный сток взвешенных наносов рек в океан со всей территории суши оценивается в 15,7 млрд. т в год. Твердый сток, поступая в водохранилища и русла судоходных рек, вызывает образование мелей, перекатов, затрудняет судоходство. В результате водохранилища теряют водорегулирующую способность, приходится делать большие затраты на их расчистку.

На определенных стадиях смыв почвенного слоя переходит в размыв, склон покрывается сетью промоин и оврагов, создаются новые крутые уклоны, поверхность дренируется, сброс ливневых талых вод облегчается. В результате этого водный баланс перестраивается: уменьшается доля осадков, расходуемая на полезный грунтовый сток и испарение (в том числе на продуктивное испарение — транспирацию культурных растений), усиливаются паводки, уменьшаются меженные расходы воды. Эрозионным процессам подвержены огромные территории большинства стран мира.

### 3. ЛЕСНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ КАК ВАЖНЕЙШАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА БИОСФЕРЫ В БОРЬБЕ С ЗАИЛЕНИЕМ И ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДОЕМОВ

Лесные насаждения занимают особое место в биосфере, являясь одной из наиболее крупных, наиболее сложных самосохраняющихся и саморегулирующихся экологических систем. Свойства леса как фактора окружающей среды оказывают огромное влияние на устойчивость сбалансированного взаимодействия и взаимосвязь элементов природы. По устойчивости и приспособленности к изменениям внешних условий лес превосходит все экосистемы суши. Исключительно важную роль в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем биосферы играет водоохранная и водорегулирующая способность лесных насаждений.

Леса надежно защищают водные источники от заиления и загрязнения; нейтрализуют вредные вещества, улучшают органолептические свойства и химический состав вод, поступающих с водосборных площадей в водоемы, а также бактериологические показатели воды. Прирусловые насаждения, оказывая положительное влияние на состояние рек и водоемов, способствуют развитию судоходства, повышают энергетический потенциал рек и воздействие их на сельское и рыбное хозяйство. Лесные насаждения улучшают климат, регулируют водный режим, предохраняют почвы от водной и ветровой эрозии, имеют санитарно-гигиеническое и культурно-эстетическое значение.

Все леса планеты занимают 4,1 млрд. га, что составляет около  $\frac{1}{3}$  территории суши земного шара. Распределены они по странам и континентам неравномерно; наибольшие площади лесов и запасы древесины находятся в азиатской части нашей страны и на Американском материке. На долю Советского Союза приходится около 22% лесной площади земного шара. Более половины мировых запасов древесины наиболее ценных хвойных пород сосредоточено на территории нашей страны.

Общая площадь государственного лесного фонда СССР (по учету на 1 января 1978 г.) составляет 1257,3 млн. га (1236,9 млн. га — леса государственного значения и 20,4 млн. га — колхозные леса). Это более 55% территории страны. Лесная площадь составляет 929,6 млн. га, а покрытая лесом — 791,6 млн. га. Общий запас древесины достигает 84 млрд. м<sup>3</sup>, ежегодный прирост составляет около 900 млн. м<sup>3</sup>.

Распределение лесов по стране неравномерное. В европейской части СССР и на Урале находится 19% общей площади

лесного фонда и 26% запаса насаждений; 94% лесов страны сосредоточено на территории РСФСР.

Значительные массивы лесов в европейской части сосредоточены в Нечерноземной зоне и на севере Урала, там, где берут начало реки, текущие на юг (Волга, Днепр, Дон и др.) и на север (Печора, Северная Двина, Вычегда и др.). Особое значение имеют горные леса.

По народнохозяйственному, природно-экономическому значению и географическому положению все леса нашей страны разделены на три группы. Это деление закреплено законом «Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик». К I группе отнесены лесные насаждения, имеющие в основном водоохранно-защитное, санитарно-гигиеническое и общекультурное значение. Общая площадь лесов I группы составляет 235,8 млн. га, или 19,9% площади гослесфонда.

Во II группу в районах с высокой плотностью населения и развитой сетью транспортных путей включены леса, имеющие защитное и ограниченное эксплуатационное значение, а также леса с недостаточными лесосырьевыми ресурсами. К этой группе относятся все колхозные леса, не вошедшие в состав первой группы. Леса II группы занимают 82 млн. га, или 6,9% площади гослесфонда.

В III группе (73,2%) находятся все остальные леса многолесных районов, имеющие преимущественно эксплуатационное значение. Они расположены в основном в Сибири, на Дальнем Востоке и северо-восточных районах европейской части страны. Распределение площади лесов по группам и категориям защитности дано в табл. 14.

Распределение лесов на группы и категории подчеркивает их многоцелевое и многогранное значение в народном хозяйстве. Четко прослеживается взаимосвязь между распределением лесов на группы и устойчивостью экологических систем того или иного региона. Наименее устойчивы и в то же время наиболее чувствительны к любого рода воздействиям экологические системы горных, пустынных и полупустынных районов. Водоохранно-защитное значение лесов в этих условиях заметно возрастает с уменьшением лесистости территории. Лесистость по стране уменьшается, как правило, с севера на юг и колеблется от 60...70% в таежных лесах Севера и Урала европейской части Союза до 2...3% в степных районах, средняя лесистость по стране составляет 35,4%.

Исключительное различие в климатических, почвенных, лесорастительных и других природных условиях районов страны способствовало формированию разнообразных по составу

#### 14. Распределение лесов государственного значения по группам и категориям защитности

Группы и категории защитности	Общая площадь лесов, %		
	Всего	В том числе	
		европейской части	азиатской части
Леса I группы (235,8 млн. га):	19,9	5,1	14,8
зеленые зоны	1,6	1,2	0,4
поле- и почвозащитные	3,0	0,6	2,4
курортные	0,1	0,09	0,01
запретные вдоль рек	6,3	1,2	5,1
из них:			
вдоль нерестовых	2,8	0,3	2,5
защитные вдоль дорог	0,4	0,2	0,2
орехопромысловые зоны	0,9	0,01	0,89
защитные притундровые	7,1	1,6	5,5
защитно-эксплуатационные	0,1	0,1	—
прочие леса I группы	0,4	0,1	0,3
Леса II группы (82 млн. га):	6,9	4,4	2,5
эксплуатируемые	5,5	4,1	1,4
спецзоны и спецполосы	0,2	0,1	0,1
недоступные и неэксплуатационные полосы вдоль нерестовых рек	1,2	0,2	1,0
—	—	—	—
Леса III группы (868,2 млн. га):	73,2	7,3	65,9
эксплуатируемые	32,3	6,7	25,6
спецзоны и спецполосы	0,9	0,1	0,8
резервные	28,7	0,2	28,5
полосы вдоль нерестовых рек	0,9	0,2	0,7
недоступные и неэксплуатируемые	10,4	0,1	10,3
Всего (1186 млн. га)	100	16,8	83,2

и продуктивности лесов. Хвойные насаждения в лесах СССР составляют 78,3% покрытой лесом площади; основные лесообразующие породы (твердолиственные) — 16,9%. Покрытая лесом площадь распределяется по основным лесообразующим породам следующим образом (%):



Лиственница . . . . .	40,5	Бук . . . . .	0,4
Сосна . . . . .	17,4	Ольха черная . . . . .	0,3
Береза . . . . .	13,0	Ива дресвовидная . . . . .	0,2
Ель . . . . .	12,0	Тополь . . . . .	0,2
Кедр . . . . .	6,0	Граб . . . . .	0,1
Осина . . . . .	2,8	Ольха серая . . . . .	0,1
Пихта . . . . .	2,3	Ясень . . . . .	0,1
Дуб . . . . .	1,4	Арча . . . . .	0,1
Саксаул . . . . .	1,4	Клен . . . . .	0,1
Береза каменная . . . . .	1,1	Ильмовые . . . . .	0,1
Липа . . . . .	0,4	Всего основных пород	100,0

Насаждения с преобладанием хвойных пород в лесах СССР занимают около 530 млн. га; ведущее место среди них принадлежит лиственничникам (275 млн. га), соснякам (118 млн. га) и ельникам (81 млн. га). Значительные площади заняты насаждениями с преобладанием кедра (41 млн. га). На площади около 30 млн. га преобладают твердолиственные (дуб, бук и др.) и на более 113 млн. га —мягколиственные породы.

Признание за лесом водоохранно-защитной роли утвердилось давно. Однако наиболее полное изучение и всестороннее использование защитных и водоохранных свойств лесов началось сравнительно недавно. Первые ограничения рубки лесов вдоль рек России были введены в середине XVI в. Более действенные меры для сохранения прибрежных лесов были приняты Петром I главным образом в интересах кораблестроения. Первыми законодательными мерами для ограничения рубки стали указы Петра I (1701, 1716, 1719 гг.), запрещавшие расчистку и рубку лесов на расстоянии 50 верст от больших и 20 верст от мелких сплавных рек. Специальным указом Петра I (1723 г.) предлагалось в приморских местах осуществлять уход за лесами с посадкой деревьев и охрану их от порубок. К сожалению, в 1782 г. установленные ограничения рубки лесов в прибрежных зонах были отменены; началась усиленная эксплуатация лесных массивов, особенно в прибрежных полосах и верховьях рек, что привело к резкому усилению эрозионных процессов, образованию сыпучих песков, сильному обмелению рек и другим отрицательным последствиям.

Массовая вырубка лесов, особенно в южных районах, послужила поводом к принятию первого в России лесоохранительного закона (1888 г.), которым предусматривались выделение водоохранно-защитных лесов в особую категорию и более стро-

гий режим ведения хозяйств в них. В соответствии с этим законом все леса европейской части России и Кавказа были разделены на три категории: водоохранные, защитные и прочие. К защитным в основном относили леса, которые предохраняли берега рек, склоны гор и оврагов от размывов и обвалов, защищали от заносов песком. По лесоохранительному закону было выделено 0,6 млн. га водоохранных лесов и почти столько же защитных [166]. Распределение водоохранных лесов по территории страны в основном было случайным. Так, больше половины выделенных водоохранных лесов находилось в Новгородской губернии (434 тыс. га), тогда как в соседней Тверской, где находятся истоки Волги и Западной Двины, они вообще не были выделены, а в Самарской была признана водоохранной только одна лесная дача, площадью около 1 тыс. га [148]. Лесоохранительный закон положил начало сохранению прибрежных лесов, но, к сожалению, не приостановил опустошительные рубки, особенно в частных лесах.

Выделение лесов в ту или иную категорию и создание лесных насаждений было ограниченным и без достаточных научных обоснований и рекомендаций. Только после Великой Октябрьской социалистической революции в условиях единого социалистического лесного хозяйства стало возможно целенаправленно использовать свойства леса.

В первый год Советской власти Декретом ВЦИК от 27 мая 1918 г. был принят основной закон «О лесах», которым предусматривалось разделение лесов на защитные, в которых «пользование ограничено», и эксплуатационные. Особое внимание обращали на необходимость использования в государственном масштабе защитной роли лесов. Леса объявляли защитными для защиты почвы, сельского хозяйства и населенных мест и сохранения влияния лесов на климат, защиты истоков рек, водного режима, берегов и т. п., укрепления песков, оврагов и т. п.

Таким образом, к защитным лесам наряду с другими категориями лесов относили водорегулирующие и водоохранно-защитные леса, предохраняющие истоки рек от обмеления и берега от разрушения. В защитных лесах был введен более строгий режим ведения хозяйства. В апреле 1921 г. постановлением Совета Труда и Оборона «О борьбе с засухой», были предусмотрены облесение берегов и верховьев рек и регламентированная рубка леса в этих насаждениях.

7 июня 1923 г. был утвержден «Лесной Кодекс РСФСР», которым весь государственный лесной фонд был подразделен на леса местного и общегосударственного значения. В лесах

общегосударственного значения были выделены леса особого назначения. В их состав вошли леса, предохраняющие реки от понижения уровня воды, а берега рек и водных источников от эрозионных и абразионных процессов.

10 августа 1929 г. Экономический совет принял постановление «Об утверждении правил о признании лесных площадей защитными и условиях пользования ими». Защитными были признаны такие площади, которые или покрыты древесной или кустарниковой растительностью, или выделены под облесение. К защитным были отнесены леса, которые охраняют поверхностные и подземные воды от понижения уровня воды, от размывов и поврежденных ледоходом берегов и т. п., препятствуют возникновению и перемещению оползней земли, обрывов скал, размывов почвы, осыпей, снежных обвалов и быстрых потоков, предотвращают образование и распространение сыпучих песков, играют роль снегосборных и снегозащитных полос, а также являются зоной санитарной охраны водоснабжения и др. В защитных лесах хозяйство вели в строгом соответствии с разработанным лесоустройством планом.

Постановлением СНК СССР от 31 июля 1931 г. «Об организации лесного хозяйства» для регулирования вырубki леса, лесовозобновления, улучшения водного режима рек, борьбы с обмелением и загрязнением Волги, Дона, Днепра, а также для борьбы с оврагами и песками в засушливой зоне все леса СССР были разделены на две зоны: лесокультурного и лесопромышленного значения. Для защиты рек от обмеления и пересыхания леса в пределах километровой полосы по каждому берегу среднего и нижнего течения Волги, Дона, Днепра и Урала были отнесены к водоохранным, в которых были запрещены рубки главного пользования. В соответствии с этим постановлением к 1935 г. было выделено около 13 млн. га водоохранных лесов [166].

Учитывая особое значение лесов в регулировании режима рек и предохранении их от обмеления, ЦИК и СНК СССР 2 июля 1936 г. приняли постановление «Об образовании Главного управления лесоохраны и лесонасаждений при Совете Народных Комиссаров Союза ССР и о выделении водоохранной зоны», которым была выделена водоохранная зона, включающая все лесные массивы, расположенные в бассейнах Волги, Дона, Днепра, Урала и верхнего течения Западной Двины со всеми их притоками, а также леса Винницкой и Одесской областей. Общая площадь лесов водоохранной зоны составляла около 70 млн. га. В пределах водоохранной зоны вдоль берегов рек были выделены запретные полосы, в которых разре-

шали рубки ухода и санитарные рубки; рубки главного пользования были запрещены. На остальной площади водоохранной зоны допускали рубки в размере не свыше среднего прироста. Запретные полосы шириной 20 км по каждому берегу были выделены: а) в верхних течениях Днепра и его притоков, Волги и ее притоков (Мологи, Оки, Клязьмы, Камы, Белой, Вятки, Унжи; Ветлуги), Дона и его притоков, Урала и Западной Двины; б) на всем протяжении пяти рек — Десны, Воронежа, Оскола, Шексны и Москвы.

Запретные полосы шириной 6 км по каждому берегу выделяли вдоль среднего и нижнего течений рек, указанных в пункте «а», а также по 15 притокам Волги, Дона, Днепра, Оки и Урала. Четырехкилометровые запретные полосы устанавливали по берегам 27 притоков Волги, Дона, Днепра, Оки и Белой. В табл. 15 приведено распределение общей площади запретных полос различной ширины по бассейнам рек [166].

#### 15. Распределение площади запретных лесных полос по бассейнам рек

Бассейны рек	Водные источники с запретными полосами и их число	Общая площадь запретных полос, тыс. га, шириной, км			
		20	6	4	Итого
Волги	Реки, 57 Озера, 7 Водохранилища, 3	7369	3421	1058	11 848
Днепра	Реки, 10	1408	578	222	2 208
Дона	Реки, 8	454	600	13	1 067
Урала	Реки, 3	135	389	—	524
Западной Двины	Реки, 1	191	137	—	328
Всего		9557	5125	1293	15 975

Более 70% площади запретных лесных полос было выделено в бассейне Волги, около 2% — в бассейне Западной Двины. Наибольшую площадь (60%) составляют запретные полосы шириной 20 км; менее 8% представлены 4-километровыми полосами. Главным управлением лесоохраны и лесонасаждений были выделены запретные лесные полосы по берегам ряда рек, озер, водохранилищ и каналов, главным образом в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном и Поволжском районах. В 1936 г. запретные полосы были выделены по берегам примерно 120 рек, 20 озер, водохранилищ и каналов. Общая площадь лесов водоохранной зоны составила 54,2 млн. га,

из которых в состав запретных полос вошло 16,2 млн. га. К 1945 г. общая площадь лесов водоохранной зоны увеличилась до 74,5 млн. га. Данные об удельном весе запретных полос в общей площади лесов отдельных районов водоохранной зоны по состоянию на 1945 г. [166] приведены в табл. 16.

16. Удельный вес запретных полос в составе водоохранной зоны

Экономический район	Удельный вес запретных полос в общей площади лесов, %	Экономический район	Удельный вес запретных полос в общей площади лесов, %
Север	12,3	Урал	12,9
Северо-Запад	23,6	Казахстан	100,0
Центр	20,4	(бассейн Урала)	
Поволжье	36,1	Юг	19,6
Северный Кавказ и Крым	52,4	Запад	15,7
		В целом по водоохранной зоне	19,4

После 1945 г. площадь запретных лесных полос вдоль рек и других водоемов систематически возрастала. Только за 4 года (1945—1948 гг.) запретные полосы различной ширины — от 0,25 до 20 км с каждой стороны — были выделены вдоль берегов почти 360 рек. К 1956 г. их площадь по сравнению с площадью в 1949 г. увеличилась на 9,5 млн. га и составила 29,1 млн. га, а в 1961 г. достигла 53,7 млн. га. По состоянию на 1 января 1971 г. в СССР запретные лесные полосы выделены по берегам примерно 1424 рек, 96 озер и водохранилищ (табл. 17). Ширина запретных полос колеблется от 0,1 до 20 км. Наиболее широкие (20, 6 и 4-километровые запретные лесные полосы) выделены по берегам 130 рек, протекающих главным образом в европейской части СССР.

Вокруг оз. Байкал выделена 35-километровая запретная лесная полоса; 91% ее площади составляют полосы шириной 3 км и менее. Запретные полосы шириной 3...1,5 км выделены вдоль берегов примерно 287 рек, 1...0,5 км — 957, 0,3...0,1 км — 215 рек (табл. 18).

Число рек и других водоемов, по берегам которых выделены запретные полосы, значительно возросло, увеличилась и их площадь. Общая площадь запретных лесных полос, по данным учета лесного фонда СССР на 1 января 1978 г., составляет

17. Распределение лесов запретных полос по берегам водохранилищ, рек и озер по годам их выделения

Годы выделения лесов запретных полос	Количество лесных запретных полос					
	вдоль рек			вдоль водохранилищ и озер		
	всего	в европейской части	в азиатской части	всего	в европейской части	в азиатской части
1936—1940	165	160	5	17	17	—
1941—1945	50	20	30	1	1	—
1946—1950	425	210	215	13	9	4
1951—1955	235	130	105	44	39	5
1956—1960	155	35	120	7	7	—
1961—1965	10	10	—	10	10	—
1966—1970	384	72	312	4	4	—
Итого	1424	637	787	96	87	9

18. Ширина запретных лесных полос вдоль берегов рек, озер и водохранилищ

Ширина запретных полос, км	Число		Ширина запретных полос, км	Число	
	рек	водохранилищ и озер		рек	водохранилищ и озер
35,0	—	1	1,0	672	48
20,0	15	1	0,50	285	7
6,0	25	—	0,30	45	—
5,0	—	1			
4,0	90	15	0,25	70	—
3,0	212	14	0,20	40	—
2,0	65	4	0,15	25	—
1,5	10	9	0,10	35	—

87 млн. га, по сравнению с 1936 г. она увеличилась более чем в 5 раз.

Динамика выделения запретных лесных полос с 1966 по 1978 годы приведена в табл. 19.

Более 80% общей площади запретных лесных полос находится в азиатской части СССР. Свыше  $\frac{2}{3}$  этой площади приходится на Дальневосточный экономический район. В евро-

### 19. Динамика выделения запретных лесных полос вдоль рек

Группа лесов	Площадь лесных полос, млн. га		
	в 1966 г.	в 1973 г.	в 1978 г.
Всего по всем рекам	61,4	70,6	87,0
В том числе вдоль нерестовых	2,7	35,2	45,7
Из них:			
в лесах I группы:			
всего	58,7	65,1	74,6
в том числе вдоль нерестовых рек	—	29,7	33,3
в лесах II группы вдоль нерестовых рек	0,1	0,2	0,5
в лесах III группы вдоль нерестовых рек	2,6	5,3	11,9

пейской части страны около 40% площади запретных лесных полос сосредоточено в северо-западном регионе. Сравнительно большие площади таких полос выделены в Волго-Вятском, Поволжском и Центральном экономических районах. Значительную площадь составляют запретные лесные полосы вокруг озер, водохранилищ и других водоемов.

Леса запретных полос составляют 7,2% всех лесов государственного значения. Это соотношение по отдельным районам неодинаково. В центральных, хорошо освоенных районах европейской части страны леса запретных полос составляют 18... 20% площади всех лесов; в многолесных районах Сибири и Дальнего Востока их значительно меньше.

Запретные лесные полосы — одна из самых крупных категорий лесов I группы; на их долю приходится около  $\frac{1}{3}$  общей площади лесов I группы. В табл. 20 приведены данные о распределении покрытой лесом площади запретных лесных полос по группам возраста и преобладающим породам.

В лесах запретных полос преобладают спелые и перестойные насаждения с общим запасом 2,4 млрд. м<sup>3</sup>. В лесах запретных полос как европейской, так и азиатской частей СССР преобладают хвойные насаждения. Наибольшее распространение хвойные насаждения получили в Северо-Западном, Уральском и Восточно-Сибирском районах, а также в Белорусской и Литовской ССР. Мягколиственные насаждения занимают около 22% покрытой лесом площади запретных полос СССР. В европейской части страны их больше, чем в азиатской. Твердо-

**20. Распределение покрытой лесом площади запретных полос вдоль рек, вокруг озер и других водоемов по группам возраста**

Породы	Покрытая лесом площадь, %	Площадь, %, занимаемая насаждениями			
		молодняками	средневозрастными	приспевающими	спелыми и перестойными
Всего	100	15,4	28,9	13,6	42,1
Хвойные	62	10,2	16,5	7,5	27,8
В том числе:					
сосна	23,7	6,3	7,0	2,7	7,7
ель	12,5	0,8	2,0	1,6	8,1
лиственница	19,2	2,5	4,8	2,0	9,9
прочие	6,5	0,5	2,7	1,2	2,1
Твердолиственные	5,1	0,9	1,6	0,7	1,9
В том числе:					
дуб	2,4	0,6	1,0	0,3	0,5
прочие	2,7	0,3	0,6	0,4	1,4
Мягколиственные	21,6	3,6	8,0	2,8	7,2
В том числе:					
береза	14,1	2,2	5,8	1,8	4,3
осина	3,6	0,8	0,7	0,5	1,6
прочие	3,9	0,6	1,5	0,5	1,3
Тальники и прочие древесные породы	1,2	0,1	0,5	0,4	0,2
Кустарники	10,1	0,6	2,3	2,2	5,0

лиственные насаждения в лесах запретных полос распространены незначительно. Наибольшие запасы древесины сосредоточены в хвойных насаждениях (табл. 21).

В результате учета лесного фонда на 1 января 1978 г. в лесах II и III групп в самостоятельную категорию выделены леса по берегам нерестовых рек и озер на площади 12,4 млн. га. Такие леса начали выделять с 1954 г.

В октябре 1973 г. Совет Министров РСФСР своим постановлением утвердил перечень рек, их притоков и других водоемов, которые являются местом нереста лососевых и осетровых рыб и по берегам которых запрещена заготовка леса на расстоянии менее 1 км от берега, а в районах расположения заводов и хозяйств, занимающихся разведением этих рыб, на расстоянии менее 3 км. Кроме того, запрещено использовать для



## 21. Распределение насаждений по группам пород

Группы пород	Покрытая лесом площадь, %	Общий запас насаждений, %	Средний возраст, лет
I. Основные лесообразующие породы:			
хвойные	62,0	75,0	113
твердолиственные	5,1	4,2	86
мягколиственные	21,6	19,1	46
II. Прочие древесные породы	0,1	0,1	47
III. Тальники	1,1	0,1	16
IV. Кустарники	10,1	1,5	74
Всего	100	100	92

сплава леса реки, где нерестятся лососевые и осетровые рыбы, а также загрязнять рыбохозяйственные объекты различного рода отходами, образующимися при заготовке, разделке, сплотке леса, строительстве сплавных сооружений и др. Этот перечень был дополнен в 1974 и 1978 гг.

## 4. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ИХ ОХРАНА

Рациональное использование вод в народном хозяйстве, предотвращение их загрязнения, засорения и истощения, сохранение и улучшение состояния водных экосистем требуют осуществления широкого комплекса взаимосвязанных научно обоснованных технических, организационно-хозяйственных и других мероприятий. Важная роль в решении этих задач принадлежит водному законодательству. На всех этапах социалистического строительства в нашей стране право играло активную роль в организации рационального использования и охраны водных ресурсов. Совокупность правовых средств и норм, используемых для сохранения, восстановления и улучшения состояния природных запасов воды и составляет правовую охрану вод. Эти средства включают законы, правовые акты и другие руководящие нормативные документы, регламентирующие комплексное использование водных ресурсов и организацию технологических процессов, исключающих загрязнение водоемов вредными отходами.

Принципиальные положения об использовании и охране водных ресурсов содержатся в законодательных актах общего природоохранительного характера, что свидетельствует о том, что правовая охрана водных объектов — составная часть правовой охраны природы.

Верховным Советом СССР утверждены и введены в действие Основы земельного, водного, лесного законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, о здравоохранении, которыми определены наиболее принципиальные положения, направленные на рациональное использование и охрану вод, а также земли и ее недр, лесов, растительного и животного мира.

Л. И. Брежнев в докладе XXV съезду КПСС «Отчет Центрального Комитета КПСС и очередные задачи партии в области внутренней и внешней политики» подчеркнул: «Мы привели юридические нормы в соответствие с новым уровнем, достигнутым нашим обществом. Были подготовлены законоположения, касающиеся таких сфер жизни, которые раньше оставались вне рамок правового регулирования, как, например, охрана окружающей среды, в том числе водоемов, недр, воздушного пространства и т. д. Очень хорошо, что теперь у нас есть обоснованные юридические нормы, позволяющие целеустремленно вести работу в защиту природы»<sup>1</sup>.

В Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик отмечается, что все воды (водные объекты) подлежат охране от загрязнения сточными водами от засорения и истощения, которые могут причинить вред здоровью населения, а также привести к уменьшению рыбных запасов, ухудшению условий водоснабжения и другим неблагоприятным явлениям из-за изменения физических, химических и биологических свойств вод; снижения их способности к естественному очищению, нарушения гидрологического и гидрогеологического режима. В Основах водного законодательства Союза ССР приведены юридические требования к защите и охране вод. Основы водного законодательства, водные кодексы союзных республик и другие нормативные акты определяют условия для планового и комплексного использования вод с наибольшим народнохозяйственным эффектом, обеспечивают их охрану. Например, запрещен ввод в действие новых предприятий до завершения строительства очистных сооружений. Пользование водными объектами для нужд гидроэнергетики должно осуществляться с учетом интересов других отраслей народного хозяйства, а также с соблюдением требований комплексного использования вод.

---

<sup>1</sup> Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 82.

Молсовой сплав леса, а также сплав древесины в пучках и кошениях без судовой тяги запрещены на судоходных путях и водных объектах особого значения для рыбного хозяйства, водоснабжения и др.

Запрещен сброс в водоемы производственных, бытовых и других видов отходов и отбросов. Сбрасывать сточные воды можно только в случаях, если они не приведут к содержанию в воде загрязняющих веществ, превышающих установленные нормы. Закон РСФСР об охране природы обязывает все организации, деятельность которых влияет на водоснабжение, осуществлять гидро- и лесомелиоративные, агротехнические и санитарно-гигиенические мероприятия. Нормативными актами РСФСР определен порядок возбуждения и рассмотрения ходатайств о предоставлении водных объектов в обособленное пользование, порядок признания водных объектов памятниками природы.

Охрана и защита водных объектов зависит от состояния и использования земли, ее недр и лесов.

Чрезмерная рубка леса без соблюдения режима пользования часто приводит к ухудшению состояния водных ресурсов, резкому повышению эрозионных и абразионных процессов. Особенно пагубно влияет на состояние водных ресурсов неурегулированная рубка леса по водоразделам и в прибрежных зонах рек, озер, водохранилищ и других водных объектов.

Важное значение водоохранно-защитных свойств лесных насаждений подчеркивается в Законе об охране природы в РСФСР (1960 г.), в «Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик» (1970 г.) и «Основах лесного законодательства Союза ССР и союзных республик» (1977 г.), а также в Лесном кодексе РСФСР (1978) и других актах. Из признания водоохранных свойств лесов вытекают практические рекомендации для увеличения и сохранения лесов, повышения их защитной роли. В «Основах водного законодательства Союза ССР и союзных республик» предусмотрено установление водоохранных зон лесов для поддержания благоприятного водного режима рек, озер, водохранилищ, подземных вод и других водных объектов, а также для предотвращения водной эрозии, захламления и загрязнения водоемов продуктами эрозии. Рубка леса наряду с буровыми, взрывными, строительными, сельскохозяйственными и другими работами в зоне водных объектов возможна только по согласованию с органами, регулирующими использование и охрану вод.

Очень важно установление и применение соответствующих мер наказания за нарушение законодательных положений об

охране водных экосистем. Большое значение для усиления их правовой охраны имеет систематическая и целенаправленная работа в коллективах и среди населения, воспитание людей в духе государственного, хозяйского отношения к использованию природных ресурсов.

Основами законодательства Союза ССР и союзных республик о здравоохранении запрещен ввод новых и реконструированных предприятий, цехов, участков, установок и других объектов, не обеспечивающих надежную очистку промышленных и других отходов и сточных вод. Качество воды, используемой для хозяйственно-питьевого потребления, должно отвечать требованиям государственного стандарта, утверждаемого в установленном порядке по представлению Министерства здравоохранения СССР. Для водопроводов хозяйственно-питьевого назначения и их источников должны быть установлены зоны санитарной охраны со специальным режимом, обеспечивающим высокое качество воды. Порядок установления зон санитарной охраны водопроводов и источников их питания определяется законодательством Союза ССР, а санитарный режим этих зон — законодательством Союза ССР и союзных республик.

Советское водное законодательство так же, как и земельное, начинается с ленинского декрета «О земле»<sup>1</sup>, которым были объявлены всенародным достоянием все природные ресурсы. Декрет «О земле» заложил прочные правовые основы для рационального использования, воспроизводства и охраны природных богатств, в том числе и водных ресурсов. В ряде ленинских документов говорится и о водных ресурсах, их рациональном использовании и охране от загрязнения и истощения. Хорошо известен подписанный В. И. Лениным декрет Совнаркома «Об организации оросительных работ в Туркестане», положивший начало ирригационным работам в государственном масштабе. Позднее в соответствии с этим декретом была разработана широкая программа орошения Голодной степи Туркестана как будущей хлопководческой базы страны. В 1919 г. в стране был образован специальный орган — Центральный комитет водоохранения, в задачу которого входило: обследование водоемов, принимающих сточные воды предприятий, изыскание способов борьбы с загрязнением сточными водами всех водных источников, экспертиза и консультация по всем вопросам, связанным с очисткой сточных вод. В марте 1921 г. В. И. Лениным был подписан декрет Совнаркома «О мерах по улучшению водоснабжения, канализации и ассенизации в Республике». В 1928 г.

---

<sup>1</sup> СУ РСФСР, 1917, № 1, с. 3.

Совет Народных Комиссаров РСФСР принял постановление «Об установлении зоны санитарной охраны водных источников, служащих для центрального водоснабжения городов, рабочих поселков и других населенных мест». В соответствии с этим постановлением впервые в нашей стране была установлена зона санитарной охраны водных источников. Кроме названных законодательных документов, по мере увеличения эксплуатации водных ресурсов были приняты и другие союзные и республиканские директивы и нормативные акты. Особое место занимает постановление ЦИК и СНК СССР от 17 мая 1937 г. «О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения», в котором предусмотрено выделение зон санитарной охраны вокруг водоемов, являющихся источниками питьевой воды. Эти зоны подразделены на три пояса санитарной охраны, в каждом из которых установлен особый режим. Нормы и положения этого общесоюзного законодательного акта служат прочной правовой базой для последующих законодательств о санитарной охране водных ресурсов. В апреле 1960 г. Совет Министров СССР принял постановление «О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР», в соответствии с которым были созданы органы охраны водных ресурсов и намечены основные мероприятия для сохранения чистоты водоемов.

Для надзора за использованием водных ресурсов организовано 85 республиканских бассейновых и зональных инспекций. Они ведут систематические наблюдения за состоянием водопотребления и водоотведения, обращая особое внимание на совершенствование технологических процессов, на работу очистных, обезвреживающих и утилизационных цехов, а также контролируют строительство водоохранных сооружений и выполнение других мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения (неочищенными сточными водами) водных источников.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29 декабря 1972 г. «Об усилении охраны природы и улучшении использования природных ресурсов», в том числе и водных ресурсов, была намечена дополнительная система мероприятий, обеспечивающих создание условий для наиболее эффективного, научно обоснованного использования водных и других ресурсов и их охраны.

Некоторые аспекты использования и охраны вод находят отражение в республиканских законах о сельскохозяйственном водопользовании, об осушительной мелнорации и др. Важное значение имеют постановления правительства о мерах, предот-

вращающих загрязнения сточными водами бассейнов рек Волги и Урала, Каспийского, Балтийского, Черного и Азовского морей, а также о мерах для сохранения и рационального использования природных комплексов бассейна оз. Байкал. Однако какие бы меры в масштабе государства ни принимались Советским Союзом для предотвращения загрязнения Мирового океана, они не могут обеспечить решения всего комплекса вопросов о его защите. В связи с этим очень важно как можно шире развивать международное сотрудничество. Правовой режим международных водных объектов должен определяться в основном нормами международного права. Уже действуют международные договоры, конвенции и соглашения об охране Мирового океана от загрязнения, регулировании использования и охране вод международных рек и других континентальных водных объектов.

## **II. ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛЕСА И ВОДЫ**

### **1. РОЛЬ ЛЕСА В СТАБИЛИЗАЦИИ СБАЛАНСИРОВАННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ БИОСФЕРЫ**

Лесные насаждения планеты — одна из наиболее крупных, наиболее сложных динамических, самосохраняющихся и саморегулирующихся экологических систем биосферы. Леса существенно влияют на формирование климата отдельных регионов, регулируя баланс солнечной энергии на земле и в атмосфере, на циркуляцию атмосферного тепла и влаги, режим воды в озерах и реках. Свойства леса как фактора окружающей среды оказывают огромное влияние на поддержание устойчивости сбалансированного взаимодействия и взаимосвязи элементов природы. Важную роль в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем биосферы играет водоохранная и водорегулирующая способность лесных насаждений. Там, где нет лесных насаждений, особенно у истоков и в пределах водосборных бассейнов, нет крупных рек. Реки и водоемы, влага в почве — неперемutable условие долговечности лесов, качества насаждений, богатства лесной флоры и фауны. Лес и воды представляют собой неразрывное единство; где лес, там и вода. Эта взаимосвязь леса и воды — предпосылка равновесия в природе. В этой связи особое значение приобретают почвозащитные свойства лесных насаждений и их противоэрозийная роль, а также влияние леса на повышение физических и химических показателей вод.

Гидрологический режим рек зависит прежде всего от климатических особенностей страны и конкретных условий погоды. Однако на общее состояние водных ресурсов в различных районах все большее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. Одна из важнейших сторон гидрологической роли лесов — их водоохранно-защитные свойства.

✓ Положительно влияют леса на выпадение осадков и увлажнение атмосферы, регулирование уровня грунтовых вод и накопление снега, а также на изменение водного баланса бассейнов. В СССР все большее признание получает мнение о том, что леса поддерживают высокую водность рек; вырубка лесов приводит к обмелению рек и исчезновению водных источников. Однако вопрос о влиянии леса на средний годовой сток рек и до сих пор остается дискуссионным. Высказываются и другие мнения. Так, американский ученый, лесной гидролог Говард У. Лалл считает, что максимальное устойчивое увеличение общего речного стока возможно при сплошной вырубке леса [51]. Этому взгляду придерживаются и некоторые другие ученые.

В. В. Рахманов [161, 50] на основании многолетних исследований, а также данных других авторов, пришел к выводу, что под влиянием лесов речной сток увеличивается во всех почвенно-климатических зонах. Причем это увеличение больше в южных районах с засушливым климатом, что полностью подтверждает положение А. И. Воейкова о большей ценности водоохранных свойств лесных насаждений для засушливых стран, чем для северных с более влажным климатом. По его мнению, водоохранные свойства леса выражаются в том, что они способствуют выпадению большего количества осадков, уменьшению испарения и в результате — увеличению водности рек, а следовательно, и общих запасов воды в бассейнах. Исследования В. В. Рахмановым среднегодового стока за 1936—1940 и 1949—1955 гг. нескольких пар и групп рек, находящихся примерно в одинаковых климатических и почвенно-геологических условиях (в бассейнах Днепра, Вятки и других рек в равнинной европейской части СССР), но с разной лесистостью, показали, что сток с лесных бассейнов почти в 2 раза больше стока с безлесных, а его увеличение на каждые 10% роста лесистости достигает 12...17 мм [161].

При исследованиях зависимости между годовым стоком рек и лесистостью необходимо учитывать географическую ширину бассейнов. Это и было сделано В. В. Рахмановым при исследовании изменений стока в зависимости от лесистости 55 рек бассейна Верхней Волги и 40 рек в бассейнах Западной Двины, Северной Двины, Волхова, Оки в зоне, прилегающей к Верх-

ней Волге. Позднее эта методика была применена при исследовании 100 бассейнов на территории БССР и Верхнего Поднепровья. Путем графического и статистического анализа было установлено, что при повышении или снижении лесистости бассейнов на 1% годово́й сток рек увеличивается или уменьшается в среднем на 1 мм слоя воды, или на 10 м<sup>3</sup>/га. Максимальный водоохраный эффект достигается при полном облесении бассейнов. Среднегодовой сток с таких бассейнов по сравнению со стоком с безлесных бассейнов возрастает до 100 мм, или до 1 тыс. м<sup>3</sup>/га. Водоохранная роль заболоченных лесов почти вдвое слабее водоохранной роли незаболоченных [163].

По данным М. К. Турского, в верховьях Оки поверхностный сток воды с безлесных площадей составлял 155 мм, при 18% лесистости — 119 мм, при 46% — 112 мм [194]. А. Д. Дубах также подтверждает, что сток с малых речных бассейнов изменяется в зависимости от лесистости. Чем меньше лесистость, тем сильнее сток в весенний период. С увеличением лесистости он увеличивается летом. Влияние леса на сток воды наблюдается не только в малых, но и крупных реках [57]. По данным Д. Л. Соколовского, при 20%-ной лесистости бассейнов рек сток в летний и зимний периоды ниже, а весной — выше, чем при 50%-ной [177]. Общий сток в более облесенных бассейнах, как правило, больше, чем в менее облесенных; подземный сток в более облесенных бассейнах значительно больше, чем в менее облесенных, а поверхностный сток — соответственно меньше.

Изучая речной сток и лесистость бассейнов 92 рек, расположенных в лесной и лесостепной зонах, А. П. Бочков установил, что с увеличением лесистости на 10% при годовой сумме осадков около 550 мм средний годовой сток увеличивается на 10 мм, при 375 мм — на 15 мм [22]. С. Х. Будыка в 1956 г. тем же методом сопоставления годового стока бассейнов 16 рек — притоков Припяти с разной лесистостью установил, что в природных условиях БССР увеличение лесистости на каждые 10% ведет к приращению среднегодового стока на 14 мм [24].

П. Ф. Идзон исследовал 88 пар бассейнов рек европейской части СССР (в каждой паре один облесенный, другой — безлесный) и установил, что в 44 случаях, т. е. в 50% общего числа пар речных бассейнов, средний годовой сток лесных рек заметно превышает сток с необлесенных бассейнов. В 24 парах рек уменьшился сток, в остальных 20 существенной разницы не было обнаружено. В среднем по всем речным бассейнам годовой сток с облесенных территорий оказался больше, чем с безлесных, особенно в период весеннего половодья [68]. ✓



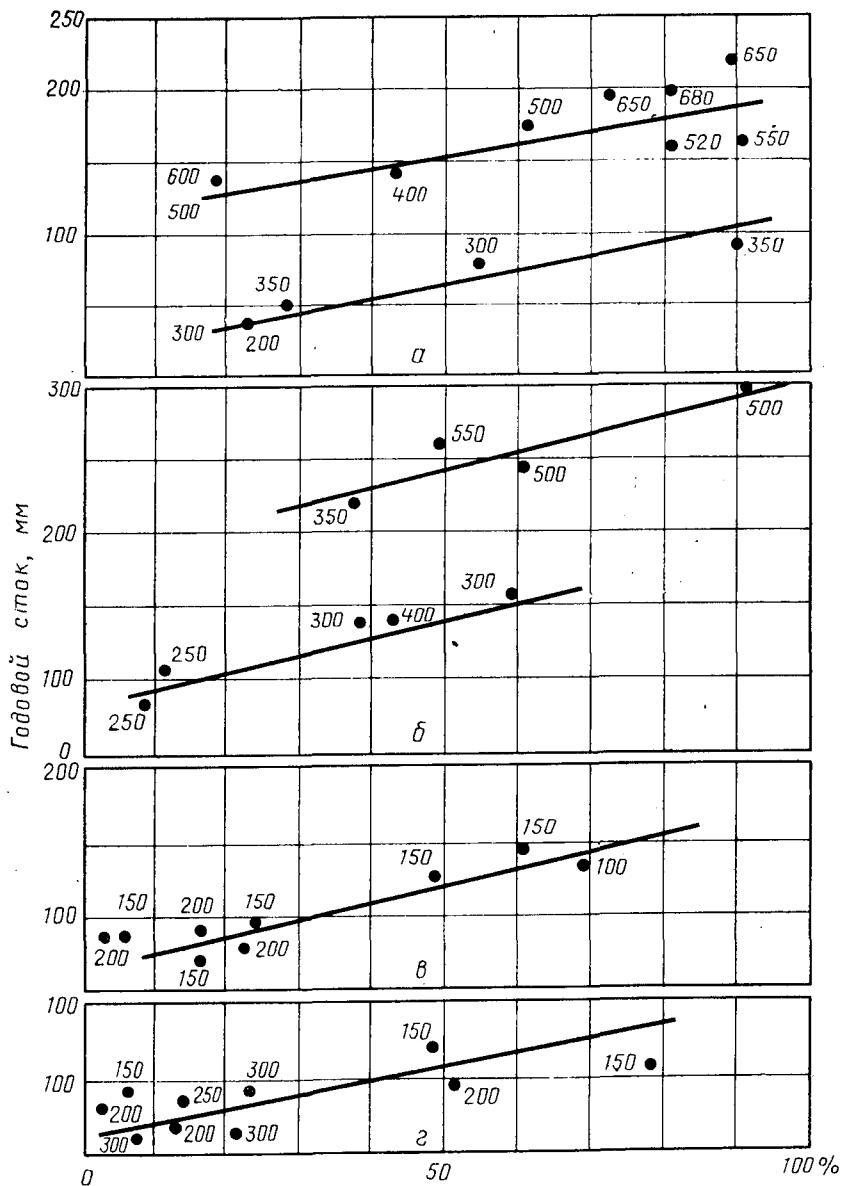


Рис. 2. Зависимость годового стока рек Сибири за 1955—1960 гг. от лесистости бассейнов [90]:

а — Красноярско-Ачинский район; б — Приобский; в — Барабинский; г — Кулундинский. Цифры у точек — наибольшие высоты в бассейнах рек.

Для выявления влияния лесов на сток рек Сибири А. В. Лебедев тем же методом исследовал сток 44 рек в относительно однородных по природным условиям районах — в бассейнах Оби и Енисея [90, 91]. Выяснилось, что в среднем увеличение лесистости на каждые 10% влечет за собой рост среднегодового стока на 8...11%. Это несколько меньше, чем в европейской части СССР (рис. 2). Одновременно было изучено влияние лесистости бассейнов рек на распределение стока. Выявлено, что леса увеличивают объем весеннего стока потому, что в облесенных бассейнах количество осадков в зимний период возрастает, а испарение уменьшается. На годовой сток рек значительное влияние оказывает и распределение лесов по территории бассейна и их состояние (состав, возраст, сомкнутость и др.), а также применяемая на сельскохозяйственных землях агротехника.

Неоднородность распределения стокорегулирующих факторов в горных условиях приводит как к увеличению осадков и стока с увеличением высоты, так и к возрастанию речного стока при увеличении лесистости водосборов. Основные причины пространственной неоднородности андроклиматических условий в Карпатах — не только вертикальная поясность природных комплексов, но и в значительной степени орография. В зависимости от увеличения лесистости водосборов речной сток увеличивается в пределах групп, которые относительно однородны по гидроклиматическим условиям. Градиенты увеличения речного стока в Карпатах на 1% лесистости колеблются от 9,4 до 11,9 мм в последовательности уменьшения среднегодового стока с выделенных групп водосборов. Положительное влияние на увеличение среднегодового слоя речного стока, а также на стабилизацию расхода воды в течение года в значительной мере оказывает увеличение участия II возрастной группы лесов в общей их площади, куда отнесены приспевающие, спелые и перестойные древостои [210]. Заметное влияние на изменение водоохранно-защитных и водорегулирующих функций лесов оказывает неурегулированная их рубка.

Известны случаи, когда в результате вырубki леса исчезали старые и появлялись новые водные источники. На это явление обращал внимание В. В. Докучаев [53]. Он отмечал, что лесные насаждения по берегам рек и склонам оврагов способствуют сохранению почвенной влаги и поднятию уровня грунтовых вод. После вырубki этих лесов, водоемы (озера, ключи и т. п.) в большинстве случаев уменьшались в 3...5 раз и более. Подобные явления наблюдали и в других районах страны. В связи с сокращением лесистости на территории центрально-

черноземных областей за 300 лет значительно уменьшилась протяженность рек. Например, в бассейне р. Оскол в начале XVII в. лес занимал очень большие пространства (рис. 3). На основании археологических исследований, писцовых и строительных книг и других архивных материалов В. Л. Котельников [86] установил, что верховья р. Оскол и его притоки (правые и левые) были облесены. К 1935 г. лесов здесь осталось около 5%; русла рек обмелели, значительная часть рек пересохла (рис. 4). Аналогичную картину можно наблюдать в верховьях Северского Донца.

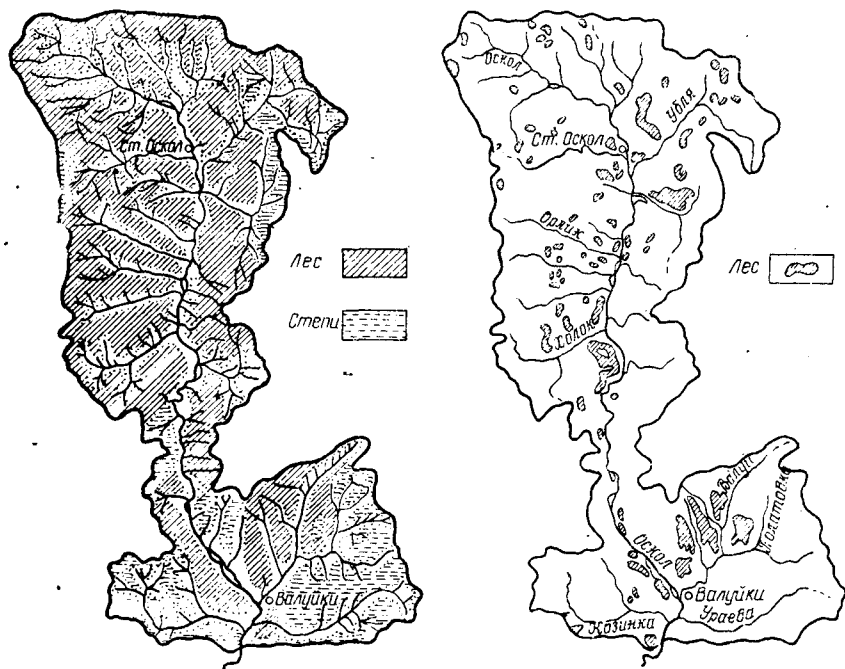


Рис. 3. Леса и реки Верхнего Приосколья в начале XVII в.

Рис. 4. Леса и реки Верхнего Приосколья в настоящее время

В Бурятской АССР, по данным И. И. Хуторцева [202], р. Шабур до вырубki леса была в 2,5...3 раза полноводнее. После сплошной вырубki леса она превратилась в небольшой ручеек; резко усилился весенний сток и соответственно уменьшился летний. Реки Кундулюк и Белая исчезли. Мелеет и Иртыш, сокращается количество его притоков. На картах прошлого века

обозначена, например, река Камышловка. Теперь вдоль бывшего ее русла тянется лишь цепочка разрозненных засоленных озер. Исчезли и другие притоки: Тарбуга, Ачаир, Качирка, Белая Соминовка и др. На этот процесс оказывают влияние неблагоприятные гидрографические условия, но и деятельность человека сыграла не последнюю роль; в поймах малых рек и речек в свое время вырубали леса, распахали берега [76], что не могло не отразиться на полноводности и чистоте рек.

Водоохранное значение лесов — лишь одна из сторон их гидрологической роли. Наряду с поддержанием высокой средней водности рек леса регулируют речной сток в течение года. Доля стока в весенние месяцы (марте — мае) в годовом стоке рек с достаточно облесенными бассейнами значительно меньше его доли в реках с менее облесенными или вообще не облесенными водосборными бассейнами. Перераспределяя сток, леса повышают водность рек в летний и осенне-зимний периоды года. Водорегулирующее влияние лесов проявляется главным образом в переводе поверхностного стока в грунтовой.

Изучение поверхностного стока в нашей стране начато в конце XIX в. Особое внимание этому вопросу стали уделять после Великой Октябрьской социалистической революции. Сток талых вод зависит от многих факторов. Прежде всего он резко изменяется в зависимости от характера использования и состояния почвенного покрова. На серых лесных почвах Свердловской области с зяби сток 30%-ной обеспеченности составляет около 70 мм, на выщелоченных черноземах Курской области около 45...50 мм, на обыкновенных черноземах Каменной степи Воронежской области и в Куйбышевском Заволжье 7...10 мм и на каштановых и светло-каштановых почвах Волгоградской области 4...5 мм. Коэффициент стока колеблется от 0,46 на серых лесных почвах до 0,13 на каштановых. Более медленно, постепенно изменяется сток с уплотненной пашни (занятой многолетними травами, озимыми и др.). Так, в год 30%-ной обеспеченности сток на серых лесных почвах и выщелоченных черноземах лесостепи составляет 100...110 мм, на обыкновенных черноземах степей он колеблется от 6,3 до 92 мм, а на почвах каштанового типа — от 33 до 42 мм [186].

Изучение склонового стока дало возможность уточнить поверхностный сток с лесных и безлесных площадей. Известно, что склоновый сток находится в тесной зависимости от инфильтрационной способности различных почв, их влагоемкости и от состава растительности. В табл. 22 показано изменение коэффициента стока в зависимости от состава почвы и растительности.

**22. Изменение коэффициента стока на разных почвах в подзоне хвойно-широколиственных лесов (Московская обл.) [157]**

Водосборы	Коэффициент стока на почвах			
	глинистой	суглинистой	супесчаной	песчаной
Еловый лес	0,32	0,26	0,09	0,01
Смешанный лес	0,26	0,16	0,09	0,004
Сосновый лес	0,12	0,07	0,01	0,003
Подстилка, разрушенная тракторами	0,39	0,28	—	—
Зябь	0,32	0,18	0,10	0,01
Залежь	0,53	0,28	—	0,20
Многолетние травы (скошенные)	0,89	—	—	—
Стерня	0,70	0,59	0,39	—
Озимь	0,78	0,61	0,18	—

Наибольшее количество воды задерживается в сосновом, значительно меньше в смешанном и еще меньше в еловом лесу. Наименьшей способностью задерживать воду отличаются скошенные многолетние травы, стерня и озимь.

**23. Изменение коэффициента стока на разных почвах в лесостепи (Воронежская обл.) [157]**

Водосборы	Коэффициент стока	Водосборы	Коэффициент стока
Дубовый лес	0,09	Вырубка	0,46
Зябь	0,69	Обычная вспашка	0,32
Залежь	0,73	Зябь при снегозадержании	0,34
Стерня	0,83	Снежные валики по зяби вдоль склона	0,08
Озимь	0,69	То же, поперек склона	0,01
Необработанное поле	0,78	Пахота 30%, выгон 70%	0,69
Травяной покров (скошенный)	0,56		

Заметное изменение стока (табл. 23) в зависимости от состояния площадей и состава растительности наблюдается также в лесостепи [157].

Дубовый лес и снежные валики по зяби задерживают и переводят в почву наибольшее количество талых вод; меньше всего их задерживают стерня и необработанное поле.

В результате многочисленных исследований установлена высокая водорегулирующая и водопоглотительная способность лесных насаждений. А. С. Козменко сначала в составе Тульской гидрологической экспедиции, а затем (с 1923 г.) на Новосильской опытно-овражной станции установил, что по мере распашки водосборных площадей и уничтожения естественной древесно-кустарниковой и травяной растительности поверхностный сток усиливается [81]. Данные исследований Г. Н. Высоцкого, А. Д. Дубаха и других ученых говорят о большом влиянии леса на задержание поверхностных вод. Они установили, что коэффициент стока (табл. 24) с лесного склона составляет 0,01, а с лугового — 0,91 [57].

#### 24. Весенний поверхностный сток снеговых вод

Водосборы	Запас воды в снеге, мм	Осадки в период таяния, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
Луговой склон	194	7,6	184	0,91
Лесной склон	99	7,6	1,0	0,01

#### 25. Влияние леса на уменьшение поверхностного стока и смыва почв [84]

Показатели	Зябрь	Дернина	Лес	Зябрь	Зябрь
Длина площадок, м	102	100	102	100	120
Уклон, %	10,65	11,20	11,20	15,30	14,66
Сток, мм	83,20	96,20	19,40	61,50	61,30
Коэффициент стока	0,760	0,581	0,141	0,559	0,565
Максимальная интенсивность стока, мм/ч	1,92	2,34	0,41	1,18	1,08
Смыв, т/га	5,885	0	0	6,886	7,040
Максимальная мутность, % по весу	8,03	0	0	11,51	13,36

Данные Ф. Н. Короткевича (табл. 25), полученные в 1939 г. в результате наблюдений на Придеснянском опытно-овражном пункте Украинского научно-исследовательского института агро-

лессомеллюрации, также свидетельствуют о положительном влиянии леса на уменьшение поверхностного стока и смыва почвы [84].

Полученные А. А. Молчановым коэффициенты стока в Теллермановском лесничестве в условиях темно-серых суглинков приведены в табл. 26.

26. Коэффициенты стока с лесных площадок и выгона в Таллермановском лесничестве [157]

Водосборы	Год	Площадь, га	Коэффициент стока	Водосборы	Год	Площадь, га	Коэффициент стока
Лес	1954	2,2	0,072	Лес	1957	2,2	0,076
Выгон		2,5	0,650	Выгон		2,5	0,643
Лес	1955	2,2	0,085	Лес 50% + вы-	1958	2,2	0,275
Выгон		2,5	0,685	рубка 50%			
Лес	1956	2,2	0,194	Выгон		2,5	0,743
Выгон		2,5	0,735				

Данные наблюдений И. А. Кузника в 1953—1955 гг. в Поволжье (совхоз им. Нансена) показывают, что сток с лесного массива меньше, чем с залежи, в 3...5 раз и на 10...40% меньше, чем с зяби. Наибольшее влияние лес оказывает на сток в маловодные годы. В маловодном 1938 г. стока с облесенного водосбора практически не было, в то время как средняя величина его с безлесного на 60% нераспаханного водосбора составила 22 мм. Результаты наблюдений на Шиповском опорном пункте за весенним стоком с облесенного и необлесенного водосборов следующие:

	Лесной бассейн	Безлесный бассейн
Площадь водосбора, км <sup>2</sup> . . . . .	3,01	2,28
Запас воды в снеге, мм . . . . .	122	99
Сток, мм . . . . .	0,32	22
Коэффициент стока . . . . .	0,003	0,224

Почти такие же данные были получены и на Моховском опорном пункте. Результаты стационарных наблюдений за весенним поверхностным стоком этого пункта следующие [87]:

	Лесной бассейн	Полевой бассейн
Площадь водосбора, км <sup>2</sup> . . . . .	2,05	4,05
Запас воды в снеге, мм . . . . .	149	142
Сток, мм . . . . .	0	30
Коэффициент стока . . . . .	0	0,21

Наблюдения М. И. Агаповой в Ворошиловградской области [по 87] показали, что стока с лесного массива, по существу, не было; на выгоне он был в 2,8 раза больше, чем в поле, защищенном лесными полосами (табл. 27).

#### 27. Коэффициенты стока в лесу, на пашне и выгоне

Водосборы	Площадь, км <sup>2</sup>	Коэффициент стока	
		1956 г.	1957 г.
Выгон, лесистость 33%	0,15	0,69	—
Тот же выгон (вспахан в 1956 г.)	0,15	—	0,24
Поле, окаймленное лесными полосами	1,13	0,26	0,17
Лес 96% + выгон 4%	0,14	0,011	0,01

Аналогичные данные получены С. И. Каплан [30], В. А. Троицким и М. Н. Жерновой [193], Н. И. Костюкевичем [85], И. С. Васильевым [27] и др.

В Подмоскowie и в лесостепи на суглинистых почвах коэффициент стока с элементарных площадок в лесу составляет 0,01, в поле — от 0,26 до 0,65. То же отмечено и в других географических зонах. Например, в бассейне Миссисипи при уклоне 0,1 коэффициент поверхностного стока в 1931 г. в дубовом лесу (75...100 лет) полной 0,6 составил 0,08; в кустарниково-осиновом лесу — 0,011, на плантациях акации — 0,020, на пастбище — 0,020, на открытой заброшенной площади — 0,48, на поле хлопчатника, вспаханном поперек склона — 0,50 [по 111].

О влиянии леса на уменьшение поверхностного стока свидетельствуют данные Н. И. Костюкевича, который вел наблюдения под пологом 45-летнего елово-березового древостоя и в поле на суглинистых почвах. Коэффициент поверхностного стока в лесу составлял 0,03...0,04, а в поле — 0,93. Общий сток в 1937—1938 гг. на полевых площадках составил 30% количества годовых осадков, а на лесных — около 1%. Примерно такие же данные с этих площадок им были получены и в 1938—1939 гг. [85].



По данным А. И. Решетникова, коэффициент поверхностного стока при уклоне поверхности 6° на лугу равен 0,42, в сосновом (60...70-летнем) лесу — 0,23 и в кустарниковых ольшаниках — 0,02 [по 111]. Большое влияние на уменьшение поверхностного стока и водной эрозии оказывает лесная подстилка, образующаяся под пологом леса из опавшей листвы и отмерших растительных остатков. Влияние лесной подстилки на двух стоковых площадках Нухинской опытной станции в Азербайджане изучал Н. М. Рошин [по 111]. Стоковые площадки были заложены в 25...30-летнем буково-грабовом лесу на склоне крутизной 22° на почвах с большим содержанием гумуса и мощной (до 4 см) лесной подстилкой из опавших листьев бука и граба. Одна площадка была оставлена в естественном состоянии, а с другой лесную подстилку удалили. Поверхностный сток и смыв почвы при удалении лесной подстилки был значительно больше, чем при ненарушенной подстилке.

Большое значение имеет и корневая система растительного покрова. Чем она мощнее и чем глубже проникает в почву, тем больше поглощается воды и полнее задерживаются продукты смыва. Травяная растительность из ползучего пырея и лугового мятлика в 23 раза уменьшала сток воды по сравнению с уменьшением его травяной растительностью средней густоты с преобладанием тонконога, метельчатой полыни и мелкоцветной смолки.

Большое влияние на поверхностный сток оказывает процент лесистости. По данным В. И. Рутковского [170], на Истринском опорном пункте при увеличении процента лесистости сток изменяется следующим образом (%):

Лесистость . . . . .	0	8	40	90	100
Сток . . . . .	100	77	58	43	35

Еще резче это влияние леса сказывается в южных районах страны. Наблюдениями на Моховском опорном пункте, расположенном в центральной части лесостепи, установлено, что сток с пашни, примыкающей к лесу, за 2 года составил 45 мм, а с пашни, находящейся вдали от леса, — 83 мм. Сток с пашен и лесных участков в среднем за 3 года составил (мм):

	сток с пашни	сток с пашни и леса
Стоковые площадки . . . . .	83	7
Бассейн . . . . .	71	10

Г. Ф. Басовым [10] и И. П. Сухаревым [187] в Каменной степи за 10...15 лет с различно облесенных водосборов были получены следующие средние показатели стока:

Облесенность водосборов, % . . . . .	0	6	18
Коэффициент стока . . . . .	0,51	0,32	0,16

Наблюдения И. С. Шпака показали, что в районе Велико-Анадоля (юг Украины) годовой сток с водосбора лога Дубового, на 27% покрытого лесными полосами, почти в 8 раз меньше, чем с полевого водосбора [217]. На безлесных площадях в Придеснянской опытной станции (на Украине) коэффициент стока равен 0,7; при лесистости 30% он понижается до 0,2, а при лесистости 100% составляет всего 0,08. В Деркуле (Ворошиловградская обл.), по данным А. А. Молчанова [110], коэффициент стока, с безлесных площадей составляет 0,52, при лесистости 20% — 0,07, при 50% — 0,02 и 95% — 0,01. В районе Ершово (Саратовская обл.) сток безлесных площадей составлял 100%; при лесистости в 20% он снижался до 8%.

Сравнительно большой водозадерживающей способностью обладают защитные лесные насаждения, расположенные на сельскохозяйственных землях, причем степень их влияния на поверхностный сток во многом зависит от расположения, характера и конструкции насаждений. В. А. Каргов [75] установил, что полевыми угодьями без лесных насаждений за счет зимних осадков поглощено всего 27,3 мм воды, а полевыми угодьями в системе лесных насаждений — 60 мм. Средняя величина дополнительного водозадержания полевыми угодьями под защитой лесных насаждений в 1951—1961 гг. составила 27...29 мм. Среднее водопоглощение всеми лесными насаждениями в 1960 г. составило 187,1 мм, однако по различным видам защитных насаждений оно изменялось в значительных пределах — от 2,3 до 345 мм. Различные виды защитных насаждений поглощают следующее количество талых вод (мм):

Водорегулирующие лесные полосы . . . . .	203,0
Прибалочные полосы шириной до 30 м . . . . .	145,0
Прибалочные полосы шириной до 60 м . . . . .	323,0
Насаждения по берегам балок . . . . .	345,0
Снегораспределительные 3-рядные плотные . . . . .	244,7
То же, изреженные . . . . .	128,2
Увлажнительные опушки на прибалочных склонах . . . . .	102,3

✓ Небольшая часть лесной площади способна поглотить очень много воды. Это свойство леса удалось выявить, изучая водопоглощение на комбинированных стоковых площадках, захватывающих часть поля или луга и заглубленных в лес. Впервые мысль о создании таких площадок высказал Г. А. Харитонов, затем применил их Г. Ф. Басов. Работы с использованием этого метода проведены Институтом леса АН СССР, а позднее Лабораторией лесоведения АН СССР под руководством проф. А. А. Молчанова [111] в различных почвенных условиях и разных типах леса. По наблюдениям в Грибановском районе Воронежской области на темно-серых суглинках в лесу и на черноземах в поле, с безлесного склона длиной 380 м почвой поглощается 56% воды, 10-метровой полосой леса вместе с полем длиной 380 м — 80%, 20-метровой — 84, 40-метровой — 93, 60-метровой — 97, 80-метровой 99,8%. Примерно такие же данные получены нами при исследовании влияния леса на поверхностный сток в Московской области с помощью стоковых комбинированных площадок. С безлесного склона длиной 190 м почвой поглощается всего 23% воды, 30-метровой полосой леса вместе с полем длиной 190 м — 84%, 45-метровой — 92 и 82-метровой — 98%. Коэффициент стока на безлесном склоне протяженностью 190 м составляет 0,77, но по мере заглубления площадок в лес резко падает, доходя до 0,04 (табл. 28).

#### 28. Коэффициент и модуль стока

№ стоковых площадок	Заглубление площадки в лес, м	Коэффициент стока	Модуль стока, л/с с 1 га	Максимальный модуль стока, л/с с 1 га
IV	30	0,16	0,52	0,81
III	45	0,08	0,20	0,57
II	82	0,04	0,33	0,57
I	Открытая пашня	0,77	0,93	1,84

Аналогичные данные, полученные А. И. Гончаром на водосборном бассейне Десны, подтверждают, что 80-метровая и даже 40-метровые водорегулирующие полосы почти полностью поглощают поверхностный сток, переводя его во внутрипочвенный и грунтовой.

В табл. 29 приведены данные наблюдений на безлесных и комбинированных площадках [157]. ✓ Связь между шириной лесных полос и их способностью поглощать текущие воды с расположенных выше безлесных территорий показала, что в

## 89 29. Коэффициент стока с безлесных и комбинированных площадок [157]

Почва, состав насаждений, возраст	Глубина промерзания, см	Длина полевого склона, м	Коэффициент стока при ширине лесных полос, м									
			0	10	20	30	40	50	60	100	130	150

*Хвойно-широколиственные леса, Московская обл.*

Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая 10Е+Б, 180 лет	30	500	0,96	0,86	0,75	0,63	0,52	0,48	0,44	0,43	0,37	0,36
Дерново-подзолистая суглинистая, 8С2Е+Од, 110 лет	30	500	0,96	0,77	0,48	0,32	0,23	0,14	0,10	0,06	0,04	0,03
То же	30	350	0,87	0,59	0,37	0,25	0,18	0,08	0,05	0,08	0,03	0,02
” ”	30	180	0,57	0,40	0,23	0,16	0,11	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01
Дерново-подзолистая суглинистая 10Е+Б, 100 лет	30	500	0,97	0,88	0,62	0,46	0,34	0,18	0,13	0,11	0,11	0,11
То же	30	350	0,88	0,68	0,48	0,35	0,21	0,11	0,09	0,08	0,08	0,08
Дерново-подзолистая 10Од+Е+Б, 20 лет (по Николаенко)	20...40	190	0,80	0,56	0,32	0,22	0,12	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02
Дерново-подзолистая супесчаная 10С+Е, 140 лет	40	500	0,50	0,34	0,18	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01

*Лесостепь, Воронежская обл.*

Темно-серая лесная 8Д1ЯсКл. о, 75 лет	60...100	500	0,63	0,46	0,26	0,17	0,15	0,11	0,06	0,05	0,05	0,05
То же	60...100	380	0,46	0,33	0,19	0,12	0,10	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04
”	60...100	200	0,31	0,31	0,12	0,08	0,08	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
Солонцовая поляна	20...30	180	0,72	0,56	0,40	0,30	0,26	0,21	0,19	0,19	0,16	0,16

*Степная зона*

Чернозем, 7Д2Л1Кл. о	10...15	500	0,70	0,34	0,22	0,08	0,05	—	—	—	—	—
		350	0,44	0,21	0,14	0,05	0,03	—	—	—	—	—
		160	0,27	0,13	0,08	0,03	0,02	—	—	—	—	—

регулировании поверхностного стока очень сильно проявляется гидрологическое влияние леса. Влияние ширины лесных полос на уменьшение коэффициента стока с безлесного пространства протяжением 190 м показано на рис. 5. Материалы, полученные учеными [196], свидетельствуют о том, что 80-метровые и даже 40-метровые полосы почти полностью поглощают поверхностный сток, переводя его во внутрпочвенный и грунтовой.

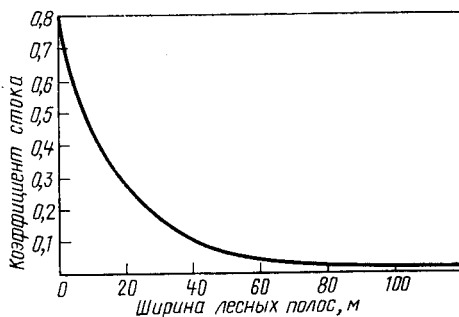


Рис. 5. Влияние ширины лесных полос на уменьшение коэффициента стока с безлесного пространства протяжением 190 м

Водорегулирующая роль лесных насаждений во многом зависит от водопоглощающей способности почв, находящихся под ними. Для определения влияния леса на водно-физические свойства почв, а также для выяснения изменений этих свойств в связи с различными условиями развития почв нами были проведены специальные исследования в районе водохранилищ Рузского гидроузла (Московская область) на однородном по условиям рельефа склоне крутизной 3°. Исследования были проведены на пашне после уборки яровых; на лугу и в лесу (состав 10 Ол+Е+Б; полнота 0,8, класс бонитета II). Почвы по гранулометрическому составу довольно однородны и характеризуются высоким содержанием пылеватой фракции (табл. 30). Исключение представляет почва под лесом, отличающаяся опесчаненностью; содержание глинистых частиц в почвах небольшое.

По водно-физическим свойствам исследованные почвы отличаются друг от друга. В табл. 31 приведены их удельный вес, объемная масса и скважность.

Удельный вес твердой фазы почв с глубиной увеличивается и наибольшего значения достигает в горизонте В. Наименьший удельный вес твердой фазы характерен для горизонта А, что связано с большим содержанием в нем органического вещества. Объемная масса резко увеличивается при переходе к нижележащим слоям.

Высокая скважность, ее характер и характер сложения подгоризонта А<sub>1</sub> почвы под лесом обуславливает более высокую

70 30. Гранулометрический состав и пластичность почв

Место заложения шурфа	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гранулометрический состав, %, при размере частиц пылевой фракции, мм									Пластичность		
			>2	2...1	1...0,5	0,5...0,25	0,25...0,15	0,05...0,074	0,074...0,05	0,05...0,005	<0,005	предел текучести, %	предел раскатываемости, %	Число пластичности
Лесной участок	A <sub>1</sub>	16	—	—	0,50	6,75	1,00	13,85	24,75	45,42	7,73	28,65	22,00	6,65
То же	A <sub>2</sub>	19...27	—	—	0,25	4,25	0,50	7,75	22,75	57,59	6,91	23,30	19,25	4,05
„	B <sub>1</sub>	35...45	—	—	0,20	2,50	0,85	11,10	14,70	60,23	10,42	29,85	16,80	13,05
„	B <sub>2</sub>	58...68	—	—	0,30	5,60	1,00	10,00	9,50	62,84	10,76	28,90	16,20	12,70
„	B <sub>3</sub>	80...90	—	—	0,35	4,60	1,60	10,85	11,75	67,49	13,36	30,40	16,45	13,95
„	C	115...125	—	2,0	1,35	16,35	1,75	9,00	8,25	54,09	7,21	23,75	13,35	10,40
Пашня (на стерне)	A <sub>пах</sub>	0...25	—	—	0,60	6,00	1,25	7,30	15,00	60,23	9,62	27,65	19,10	8,55
„	B <sub>1</sub>	30...40	—	—	0,75	4,25	0,50	8,75	12,75	62,18	10,82	27,20	18,00	9,20
Луг (на водоразделе)	A <sub>1</sub>	0...13	—	0,1	0,50	7,85	1,60	11,70	13,20	54,53	10,52	41,85	34,20	7,65
То же	A <sub>2</sub>	25...35	—	—	1,50	5,25	4,00	4,85	14,60	63,09	6,71	24,35	20,90	3,45
„	B <sub>1</sub>	44...54	—	—	0,50	3,10	0,85	8,10	11,50	64,24	11,71	27,90	18,40	9,50
„	C	110...120	—	1,75	1,25	16,70	2,25	8,50	8,00	54,65	7,00	23,00	13,80	9,20

### 31. Водно-физические свойства слабоподзоленных легкосуглинистых почв

Место заложения шурфа	Горизонт	Глубина взятия об- разца, см	Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Объемная масса, г/см <sup>3</sup>	Сквж- ность, %
Лесной участок	A <sub>1</sub>	1...6	2,62	1,22	54,24
	A <sub>1</sub>	10...15	2,62	1,35	48,48
	A <sub>2</sub>	21...26	2,65	1,48	44,10
	B <sub>1</sub>	36...41	2,71	1,55	42,82
	B <sub>3</sub>	83...88	2,21	1,56	42,38
	C	115...120	2,64	1,65	37,53
Пашня (на стерне)	A <sub>пах</sub>	5...10	2,66	1,33	49,99
	B <sub>1</sub>	30...35	2,71	1,52	43,85
Луг (на водоразделе)	A <sub>1</sub>	5...10	2,59	1,22	53,44
	A <sub>2</sub>	25...30	2,62	1,58	39,70
	B <sub>1</sub>	42...47	2,72	1,58	41,92

водопроницаемость с поверхности горизонта А по сравнению с водопроницаемостью почвы на лугу и тем более пахотной почвы с бесструктурным горизонтом А<sub>пах</sub>.

### 32. Впитывание слабоподзоленных легкосуглинистых почв

Место заложения шурфа	Горизонт А, мм/мин							Влажность пе- горизонта пе- ред опытом, %
	Время наблюдений, мин						в сред- нем за 2 ч	
	5	10	15	30	30	30		
Лесной участок	4,89	4,08	3,34	2,61	2,20	1,78	3,15	24,16
Пашня (на стерне)	0,78	0,91	0,80	0,75	0,54	0,50	0,71	31,70
Луг (на водоразделе)	2,14	1,64	1,34	1,10	0,86	0,75	1,42	32,23

Место заложения шурфа	Горизонт В, мм/мин							Влажность пе- горизонта пе- ред опытом, %
	Время наблюдений, мин						в сред- нем за 2 ч	
	5	10	15	30	30	30		
Лесной участок	2,89	2,29	1,64	1,02	0,74	0,58	1,53	25,50
Пашня (на стерне)	2,21	1,81	1,37	1,24	1,06	0,98	1,44	32,37
Луг (на водоразделе)	0,85	0,75	0,48	0,34	0,29	0,19	0,48	29,34

Сильно уплотненные горизонты В, не обладающие водопрочной структурой, менее водопроницаемы. Вообще водопроницаемость почв находится в тесной связи с их структурой, объемной массой и скважностью: чем лучше выражена структура почв, чем больше их водопрочность, чем меньше объемная масса и больше скважность, тем выше водопроницаемость. Это подтверждается данными определения впитывания с поверхности горизонта А и В исследованных почв (табл. 32, рис. 6).

Горизонт А лесной почвы имеет сравнительно высокую водопроницаемость: впитывание (в среднем за 2 ч наблюдения) равно 3,15 мм/мин, что свидетельствует о благоприятных водно-физических свойствах этого горизонта. Впитывание горизонта В резко снижается до 1,53 мм/мин, что объясняется его уплотненностью, меньшей скважностью и меньшим распространением в нем корней. Однако впитывание горизонта В лесной поч-

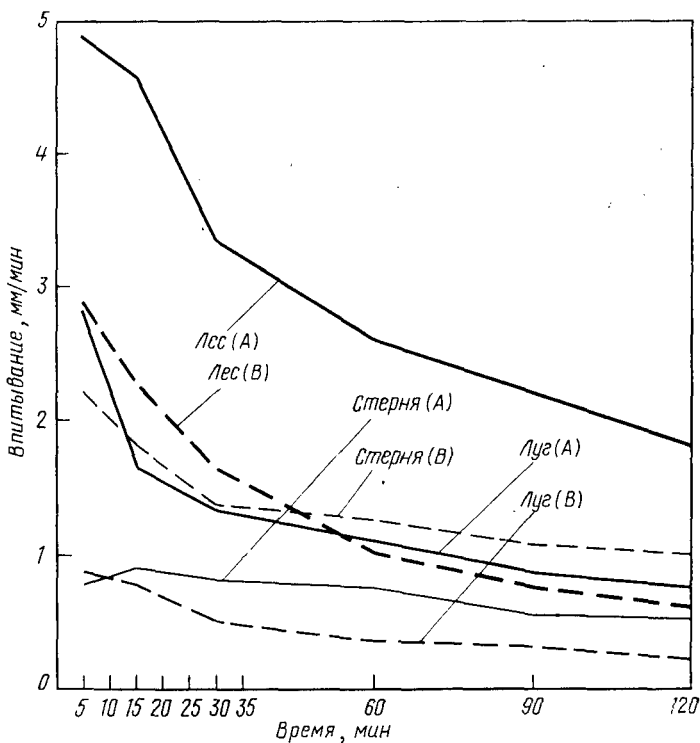
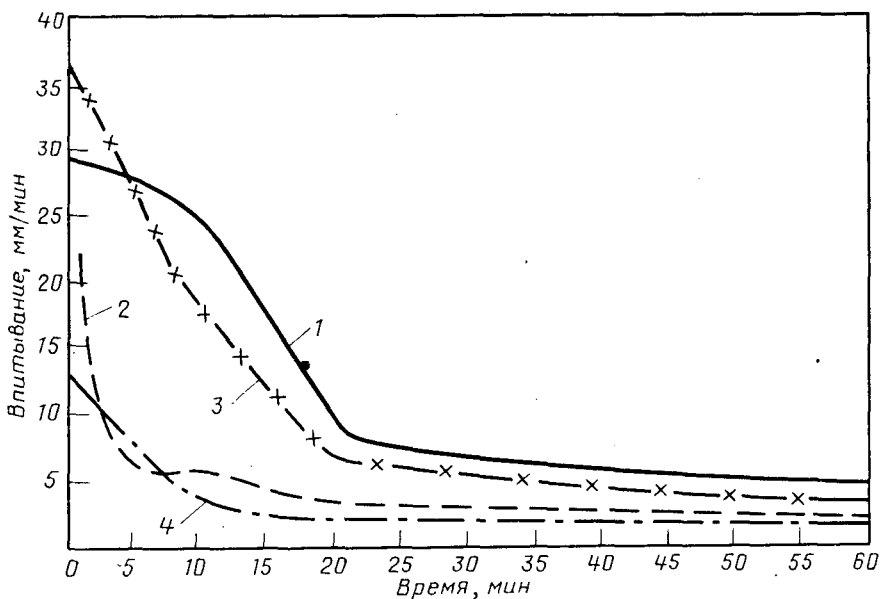


Рис. 6. Водопроницаемость слабоподзолистых легкосуглинистых почв





**Рис. 7. Впитывание воды в почву в древостоях и на вырубке в дубово-ясеновом древостое:**

1 — вырубка 1955 г.; 2 — вырубка 1953 г.; 3 — 18-летний липово-ясеновый лес; 4 — 220-летний дубово-ясеновый лес

вы в 2 раза превышает впитывание горизонта А почвы на лугу, где оно равно 0,71 мм/мин, и больше чем в 3 раза горизонта В почвы на лугу.

В табл. 33 приведены данные о впитывании воды темно-серыми почвами в различных древостоях, а также на пашне, лугу и вырубке.

Впитывание влаги темно-серыми почвами на вырубках в 18-летнем ясеневнике и в старом дубово-ясеновом древостое показано на рис. 7 [111].

Исследованиями П. Ф. Химины [199] установлена высокая водопоглощающая способность почв береговых лесных насаждений (табл. 34).

Наибольшей водопоглощающей способностью отличаются почвы в насаждениях дуба черешчатого. Этому способствует его хорошо развитая и глубоко проникающая в почву корневая система. Водопроницаемость почв в ясеневых насаждениях особенно интенсивна в первые 2 ч (43%), затем резко уменьшается, составляя 2,12 мм/мин за 6 ч. Меньшей водопрони-

### 33. Впитывание воды темно-серыми почвами

Место наблюдения	Возраст дровостоя, лет	Скважность почвы горизонтов, %		Впитывание воды, мм/мин
		А	В	
Древостой:				
дубовые	26	55,2	58,2	11,40
	60	58,2	58,7	12,54
	180	54,4	48,0	7,01
осиновые	9	55,8	52,0	18,64
	36	56,5	51,2	14,17
	63	54,3	47,9	8,84
ясеновые	18	56,0	49,8	20,74
	36	59,6	50,7	22,91
	65	58,4	48,9	16,79
Луг у стены леса	—	—	—	6,00
Пашня в 150 м от стены леса	—	—	—	1,20
Выгон в 1000 м от стены леса	—	—	—	0,30
Вырубки	—	—	—	7,63

### 34. Водопоглощение почв береговых насаждений (при температуре 10° С и напоре воды 5 см)

Места замеров	Водопоглощение, мм/мин							Впитано воды за 6 ч	
	за 1-й час	за 2-й час	за 3-й час	за 4-й час	за 5-й час	за 6-й час	Средняя за 6 ч	мм	% от контроля
	Под дубом черешчатым	4,74	4,23	3,88	3,46	2,74			
Под ясенем зеленым	4,72	4,27	3,04	2,90	2,47	2,12	3,10	1 171	755
„ вязом перистоветвистым	4,31	3,16	3,02	2,66	2,53	2,02	2,93	1 063	687
„ акацией белой	3,26	2,42	2,14	2,05	1,95	1,97	2,27	860	555
„ смородиной золотистой	2,51	1,63	1,39	1,39	1,33	1,28	1,55	592	382
На безлесном склоне	0,72	0,51	0,46	0,30	0,30	0,28	0,43	155	100

35. Коэффициент весеннего стока в зависимости от лесистости на малых водосборах по данным опытных станций [157]

Станция	Лесистость, %	Коэффициент	Станция	Лесистость, %	Коэффициент	
<i>Сосна</i>			<i>Дуб</i>			
Валдайская ГМС	2	0,85	Придеснянская	0	0,51	
	100	0,50		30	0,44	
Рыбинская	0	0,83	Теллермановское опытное лесничество: на солонцах	100	0,38	
	19	0,80		0	0,58	
Шуйская	100	0,61	на темно-серых почвах	28	0,44	
	25	0,34		80	0,21	
	38	0,28		0	0,70	
	53	0,25		49	0,34	
Южный Урал	72	0,18	Лесостепь черноземная, ГМС	80	0,12	
	0	0,75		100	0,04	
	30	0,48		0	0,46	
	50	0,35		3,6	0,38	
Волоколамская	100	0,08	Деркул, чернозем	6,0	0,25	
	<i>Ель</i>			18,0	0,20	
	0	0,95		0,04	0,43	
	15	0,90		0,07	0,30	
	35	0,83		0,10	0,25	
Горетовская ГМС	60	0,68	<i>Бук</i>	96,0	0,01	
	100	0,41		77	0,44	
	5	0,85		82	0,42	
	85	0,30		96	0,34	
Истринская ВНИИЛМ	0	0,68	Лесостепь без выпаса	0	0,69	
	16	0,73		30	0,62	
	100	0,21		49	0,57	
	0	0,72		60	0,49	
Осташевская	20	0,68	Закарпатья, УкрНИИЛХа	60	0,49	
	56	0,33		100	0,39	
	100	0,13				
	0	0,38				
Загорская	30	0,23				
	90	0,12				

цаемостью характеризуются почвы в насаждениях акации белой и смородины золотистой. Однако она по сравнению с водопроницаемостью почв на безлесном склоне выше соответственно в 5,6 и 3,8 раза. Водорегулирующая роль лесов наиболее резко проявляется при оптимальной лесистости водосбора, равномерном размещении на нем лесных массивов. Под оптимальной лесистостью А. А. Молчанов [112] понимает такой размер лесной площади, при котором находящиеся на территории древостой вместе с остальными компонентами леса наиболее полно и разносторонне удовлетворяют запросы народного хозяйства, выполняют водоохранную, почвозащитную и кольматирующую роль, предотвращают загрязнение водоемов сточными водами, их заиление, повышают качество вод, создают благоприятные условия для жизни рыб, водных и других животных.

В табл. 35 приведены данные об изменении коэффициента весеннего стока в зависимости от процента лесистости на малых водосборах. При сплошном облесении водосборных бассейнов повышенный коэффициент поверхностного стока (0,47... 0,58) наблюдается в северных районах и на глинистых почвах; на суглинистых почвах коэффициент стока не превышает 0,21. На пастбищах коэффициент поверхностного стока достигает 0,7... 0,8 [157].

В результате исследований, проведенных в Центрально-Черноземном районе, А. А. Молчанов [112] рекомендует в малолесных районах, где 70% площади занято полями и выгонами, доводить лесистость до 25... 30%. Одни авторы [85, 142] полагают, что оптимальная лесистость равна 30... 40%, другие [57] — что она должна составлять 50%.

Коэффициенты стока, полученные при непосредственных измерениях на гидрологических станциях в различных лесорастительных зонах, приведены в табл. 36.

### 36. Изменение коэффициента стока в зависимости от лесистости [110]

Лесорастительные зоны (области)	Породы	Коэффициент стока при лесистости, %						
		0	10	20	40	60	80	100
Хвойно-широколиственная (Московская обл.)	Ель	0,92	0,84	0,59	0,38	0,33	0,29	0,26
	Сосна	0,75	0,40	0,23	0,18	0,17	0,16	0,15
Лесостепь (Воронежская обл.)	Дуб	0,65	0,25	0,14	0,09	0,07	0,07	0,05
Степь (Ворошиловградская обл.)	Дуб	0,75	0,15	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06

При равномерном распределении лесов по водосборному бассейну с увеличением лесистости до 30...40% поверхностный сток значительно уменьшается, а при дальнейшем ее увеличении почти не изменяется. Благоприятное водорегулирующее влияние леса на уменьшение поверхностного стока особенно проявляется во время ливней и паводков, вызывающих наводнения. На большей части РСФСР и Казахской ССР наводнения связаны главным образом с весенним половодьем. Факторы, способствующие этому явлению,— многоснежная зима, дружная весна, значительное промерзание почвы, затрудняющее впитывание воды. Сочетание этих факторов иногда приводит к наводнениям, носящим характер бедствия.

Исключительно велико водорегулирующее влияние лесных насаждений на сельскохозяйственных землях. ВНИАЛМИ установлено, что в степях с полей, не защищенных лесными насаждениями, сносится от 35 до 64% снега (особенно с зяби), а с полей, защищенных лесными полосами,— 4...18%. Замечено, что во время снеготаяния в лесных полосах серыми лесными почвами поглощается в среднем около 326 мм талых вод, на черноземах около 346, на светло-каштановых около 240 мм, т. е. в 4...5 раз больше, чем на сельскохозяйственных угодьях. В табл. 37 приведены данные о стоке талых вод на темно-каштановых почвах Камышинского опорного пункта.

**37. Показатели стока талых вод на темно-каштановых почвах Камышинского опорного пункта [45]**

Уголья	1968/69 г.			1969/70 г.		
	Запас воды в снеге + весенние осадки, мм	Сток, мм	Коэффициент стока	Запас воды в снеге + весенние осадки, мм	Сток, мм	Коэффициент стока
Лес, поле+лесополоса с обвалованием	68	0	0	129	0	0
Поле + лесная полоса	66	3,5	0,04	131	13,2	0,10
Поле (зябрь)	52	17,1	0,33	115	20,7	0,18
Лесная полоса	142	0	0	306	0	0
Старая залежь	49	31,2	0,65	107	74,6	0,70
То же	50	29,5	0,59	109	65,4	0,60
Сосновый лес	53	0	0	159	0	0
Поляна в лесу (песчаная целина)	66	30,5	0,46	122	12,0	0,40

## 38. Водопоглощение в лесных полосах, сток с полевых и комбинированных площадок [185]

Насаждение	Показатель	Данные, мм за годы						За период	В среднем за многоводные годы, мм
		1964	1965	1966	1967	1968	1969		

*Серые лесные почвы (Новосильская АГЛОС)*

Березовая полоса шириной 12, 27 и 44 м (посадка 1931 г.)	У	57,0	78,8	0,7	145,0	0,5	46,7	108,0	62,4	87,1
	У <sub>1</sub>	43,7	25,4	0	42,1	0	46,5	80,3	34,6	48,1
	W	345,0	390,0	249,0	993,0	222,0	40,0	383,0	375,0	430,0
Дубовая лесная лента шириной 1 м (посев 1926 г.)	У	11,9	31,3	0	65,8	12,0	—	—	24,2	36,3
	У <sub>1</sub>	11,5	30,8	0	40,6	12,0	—	—	19,0	27,6
	W	159,0	132,0	241,0	300,0	132,0	—	—	193,0	197,0
То же, лента + старая траншея шириной 1,5 м	У	14,9	40,8	0	71,1	14,2	—	—	28,2	42,3
	У <sub>1</sub>	0	2,8	0	37,5	00,9	—	—	8,2	13,4
	W	2257,0	5465,0	241,0	5120,0	2380,0	—	—	3090,0	4270,0

*Чернозем обыкновенный (Поволжская АГЛОС)*

Лесная полоса шириной 12 и 17 м (посадка 1952 г.)	У	—	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	У <sub>1</sub>	—	39,4	19,1	7,0	21,3	0,9	34,5	20,4	28,6
	W	—	423,0	425,0	198,0	655,0	223,0	403,0	388,0	477,0
То же, с обвалованием	У	—	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	У <sub>1</sub>	—	0	2,5	1,2	1,6	0	8,0	2,2	3,0
	W	—	595,0	565,0	250,0	980,0	235,0	694,0	553,0	109,0

Насаждение	Показатель	Данные, мм за годы							За период	В среднем за многоводные годы, мм
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970		
<i>Светло-каштановые почвы (Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ)</i>										
Лесная полоса шириной 12 м (посадка 1948 г.)	У	—	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	У <sub>1</sub>	—	22,9	0	0	2,2	2,8	22,9	8,5	16,0
	W	—	158,0	232,0	385,0	737,0	57,0	295,0	311,0	397,0
То же, с обвалованием	У	—	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	У <sub>1</sub>	—	0	0	0	0,2	0	11,7	2,0	4,0
	W	—	702,0	232,0	386,0	735,0	112,0	522,0	455,0	666,0

Примечание: W — водопоглощение в лесных полосах; У — сток с полевых площадок; У<sub>1</sub> — сток с комбинированных площадок.

Наибольший сток с залежи составлял в среднем 70 мм при коэффициенте 0,65. С лесной полосы из соснового леса стока не было.

Водозадерживающая роль лесных полос может быть значительно повышена при создании простейших гидротехнических устройств (валов, канав и их сочетания). Сочетание лесных полос с земляными валами вдоль нижних опушек (особенно с канавами) увеличивает площадь контакта воды с почвой и резко повышает водопоглощение. В результате этого в защитных лесных полосах задерживается и поглощается почвой до 1000...1250 мм талой воды, что равносильно переводу в грунт 50...60 мм воды поверхностного стока и способствует не только резкому сокращению эрозионных процессов, но и улучшению грунтового питания рек.

В табл. 38 приведены экспериментальные данные о водопоглощающей роли лесных полос.

Леса имеют большое противозерозионное и почвозащитное значение. На эту их особенность указывал акад. В. Р. Вильямс. Он утверждал, что лесные насаждения и травы в состоянии защитить почвы от эрозии, а водоемы от загрязнения и заиления продуктами поверхностного стока. Роль растительности в кольматации продуктов смыва велика. Ф. Н. Короткевич установил, что на облесенных и сильнозадернованных площадях смыва почвы нет [84].

Смыв и размыв почвенного слоя происходит на распаханых склонах, где смывается 7,04 т/га почвы весенним стоком и 21,7 т/га ливнями. Максимальная мутность воды поверхностного стока в первом случае равна 13%, во втором — до 67% (по массе). Наблюдения за поверхностным стоком и смывом почвы талыми водами показали, что смыв твердых частиц начинается только после значительного снеготаяния, т. е. тогда, когда появляются проталины и оттаивают верхние слои почвы. Самая высокая мутность склонового стока соответствует наибольшей его интенсивности.

Интересны данные Придеснянского опытного пункта о влиянии ширины полосы растительности на твердый и жидкий стоки. Так, полоса залужения шириной 10 м на склоне крутизной 14,4° способна задержать около 30% продуктов водной эрозии с вышележащего пахотного склона длиной 110 м. Значительно большее влияние на задержание твердого стока оказывает лесная растительность. Кольматирующее действие леса на продукты смыва почвы характеризуется следующими данными [84]:



Расстояние от опушки, м . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8
Кольматаж продуктов смыва, % . . . . .	22	28	38	46	62	74	77	88
Расстояние от опушки, м . . . . .	9	10	11	12	13			14
Кольматаж продуктов смыва, % . . . . .	90	92	94	96	98			100

Жидкий поверхностный сток воды задерживался в значительно меньшем количестве, чем твердый, а именно: полоса леса шириной 20 м поглотила около 61% жидкого поверхностного стока с такого же по длине и крутизне склона, расположенного выше. Подобные данные были получены и на Весело-Бокhovenковском опорном пункте УкрНИИЛХА.

Ю. Н. Коблев, изучая кольматирующую роль лесополос в условиях правобережья Нижней Волги, получил следующие данные [78]:

Стоковая площадка . . . . .	1	1	2	2
Ширина, м, и положение лесной полосы . . . . .	30, верх- няя	30, ниж- няя	20, верх- няя	20, ниж- няя
Кольматирующие продукты смыва, м <sup>3</sup> /га . . . . .	0,7	17,3	1,4	26,2

Из приведенных данных видно, что верхняя лесная полоса 30-метровой ширины кольматировала 0,7 м<sup>3</sup>/га твердых стоков, а нижняя — 17,3 м<sup>3</sup>/га, т. е. в 24 раза больше, 20-метровая лесополоса соответственно 1,4 и 26,2 м<sup>3</sup>/га, т. е. в 18 раз больше.

А. Н. Молоканов [65], исследовав девять прудов на территории колхоза «Ленинский путь» (Дубовский район Волгоградской обл.), отметил, что в среднем ежегодно в пруды с 1 га необлесенной водосборной площади поступает 4,11 м<sup>3</sup> ила, или в 12...13 раз больше, чем с водосборной площади (0,33 м<sup>3</sup>), с которой потоки воды проходят через байрачные насаждения, а с залуженной — 1,83 м<sup>3</sup>, или в 5...6 раз больше.

Для условий лесостепи европейской части СССР Г. А. Харитонов [196] на основании многолетних наблюдений установил, что на протяжении 13,5 м от опушки внутрь лесного насаждения происходит полный кольматаж твердого стока. Он отмечает, что кольматирующие свойства леса в 2 раза выше, чем залуженного покрова. При прохождении вод поверхностного стока через полосу сеяных трав шириной 100 м задерживается только 85% илистых частиц, содержащихся в потоке. Г. А. Харитонов приводит интересные данные Воронежской лесной опытной станции о влиянии леса на поверхностный сток и водную эрозию. Так, в южной лесостепи весенний сток талых вод с облесенного водосбора сокращается до 0,2...1,4%, а смыв

почвы ничтожен (0,0001...0,0003 т/га), т. е. в облесенных местах поверхностного стока и смыва почвы практически нет, в то время как с необлесенного склона (пашни) стекает до 87% снеговой воды, которая смывает от 0,5 до 3...8 т почвогрунта с 1 га. В северной части лесостепи, где преобладают серые лесные земли, смыв за период весеннего стока составляет 2...5 т/га, в отдельные годы он достигает 60 т/га. В южных районах лесостепи смыв равен 1...2,3 т/га. Особенно велик смыв почвы при ливнях (в северной части 21,7...130 и южной — около 7,4 т/га).

Исследуя на Моховом опорном пункте в период 1938—1940 гг. влияние леса на поверхностный сток и его почвозащитную роль, Г. А. Харитонов [196], установил, что поверхностный сток на необлесенном водосборе в среднем за 3 года составил 48%, в то время как на водосборе с байрачным лесом лишь 7%, т. е. в 7 раз меньше. Коэффициент стока на безлесном водосборе (табл. 39) колебался в пределах от 0,18 до 0,80; под воздействием байрачных лесов весенний сток или прекращался, или был незначительным (коэффициент стока не превышал 0,20). Смыв почвы за этот период на необлесенном водосборе в среднем составил 0,929, а на облесенном — 0,497 т/га.

### 39. Поверхностный сток и смыв почвы на Моховом опорном пункте [196]

Годы наблюдений	Запас воды в период таяния снега, мм	Количество твердых выносов с 1 га, кг	Коэффициент стока	Максимальный модуль стока	Мутность, кг/м <sup>3</sup>
<i>Безлесный водосбор</i>					
1938	162,9	49,1	0,18	170	0,167
1939	121,0	2156,4	0,80	842	2,228
1940	146,0	583,3	0,55	527	0,753
<i>Водосбор с байрачным лесом</i>					
1938	169,9	0	0	—	0
1939	120,0	145,4	0,20	344	6,055
1940	159,0	35,8	0,04	60	0,563

Для выяснения противоэрозионно-аккумулятивной роли пойменных лесов А. К. Денисовым [52] в разное время были обследованы на значительном протяжении левобережные притоки Волги: Илеть, Юшут, М. Кокшага, Б. Кокшага, Рушка, Вер-

луга (Марийская АССР), Унжа (Костромская обл.), Колпь и Молога (Вологодская обл.). С этой же целью были обследованы леса по берегам р. Москвы и ее притоков, Дона, Оки, Десны и других рек. В результате этих исследований установлено, что прирусловый лес — мощный фильтр, который задерживает продукты эрозионной деятельности проходящего через него водного потока. С нарастанием мощности речных потоков, особенно в период половодья, увеличивается ширина лесной полосы, которая непосредственно выполняет противоэрозионную, кольматирующую роль. В период высокого паводкового уровня воды в реках с лесопокрытой поймой, имеющих расход воды 400...500 м<sup>3</sup>/с и уклон 0,3...0,4 м/км, протекающих по песчаным отложениям, у каждого вогнутого берега при перекрытии его потоком на 1...1,5 м, сбрасывается в пойму 8...10 тыс. т песчаного аллювия.

Густой прирусловый лес II и III классов возраста с хорошо развитым подлеском осаждает аллювий на площади 1 га при максимальной дальности выноса 80 м. Перестойный прирусловый лес без подлеска той же полноты осаждает его на площади около 3 га при дальности выноса 140 м. Наибольшую мощность аккумулярованного песчаного аллювия в насаждениях на пробных участках наблюдали на р. Илети (54 см) и на р. Колпи (25 см). Песчаные наносы распространены на реках, не имеющих прирусловых лесов, и на реках с берегами, сложенными почвогрунтами легкого механического состава.

Занесение поймы песком наблюдали на Дону, Вятке, Ветлуге, Вычегде, Печоре, Северной Двине, Оби и других реках. Это наносит значительный ущерб сельскому и водному хозяйству. Прирусловые леса на склонах меженных берегов и в пойме выполняют руслообразующую роль, что имеет важное значение для судоходства. Исследования И. Р. Морозова [118], А. К. Денисова [52] и др. показывают, что прирусловые леса снижают количество поступающего в русло материала, который может образовать мели и перекаты, накапливают его на берегах и в прирусловой пойме. Уменьшая скорость паводкового потока в прибрежной зоне, увеличивая ее по фарватеру, они заставляют поток углублять дно реки и выправлять ее русло. А. В. Побединский [156] указывает, что по берегам рек Селенги и Уды Бурятской АССР, где нет лесов, нарушается водный режим этих рек, появляются оползни берегов, что мешает судоходству и ухудшает качество воды.

Наблюдения за смывом почвы с безлесного склона и за влиянием на него лесной растительности проведены в Московской области. Объектами наблюдения были комбинированные

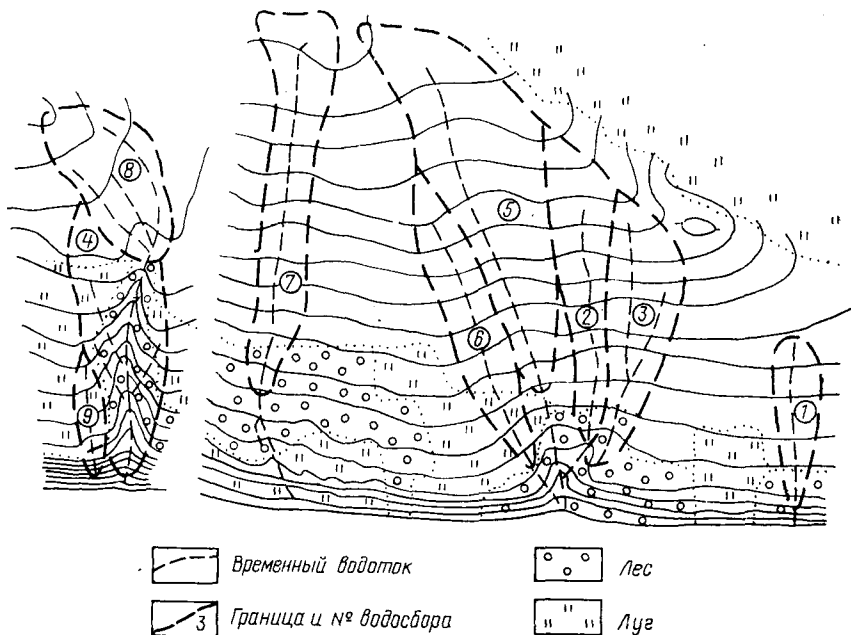


Рис. 8. Схема расположения водосборов Куйбышевского водохранилища

стоковые площадки. Установлено, что полоса леса шириной 30 м почти полностью задерживает продукты твердого стока, поступающие с безлесного пахотного склона длиной 190 м при уклоне  $3^\circ$ . Мутность потока с безлесного склона колебалась от 14 до 19 мг/л. После прохождения этого потока через лесную полосу шириной 30 м она резко падала до 0,08...0,12 мг/л. Эти данные еще раз подтверждают благотворное влияние леса на задержание продуктов смыва и размыва, что предотвращает загрязнение и заиление ими водных объектов.

Исследованиями, проведенными на стационаре Союзгипролесхоза (рис. 8) на правом берегу Куйбышевского водохранилища (Верхнеуслонский район Татарской АССР) также подтверждается высокая противоэрозионная и почвозащитная роль лесных насаждений. Преобладающие почвы района исследований (стационар Союзгипролесхоза) — серые лесные; в верхних частях водосборов встречаются дерново-карбонатные почвы. Общий уклон водосборов  $3...7^\circ$ . В табл. 40 приведены основные показатели водосборов.

#### 40. Основные показатели водосборов

Показатели	Водосборы							
	1	2	3	5	6	7	8	9
Общая площадь, га	2,1	6,1	4,3	16,0	5,4	9,7	13,8	1,1
В том числе:								
пашня	1,9	5,8	3,7	15,8	4,6	9,0	7,0	—
луг	—	—	—	0,2	0,8	—	2,6	0,9
лес	0,2	0,3	0,6	—	—	0,5	4,2	0,2
Длина склона, м	340,0	660,0	570,0	790,0	680,0	860,0	840,0	260,0
В том числе:								
лесной части	70,0	60,0	145,0	—	—	110,0	450,0	80,0
луговой	—	—	—	—	170,0	—	—	180,0
Крутизна, град	4,9	5,0	5,5	4,0	4,5	3,5	3,0	4,0

В табл. 41 приведены результаты наблюдений за отложением в лесных насаждениях наносов с прилегающих водосборных площадей.

#### 41. Данные о кольматации наносов лесными насаждениями [121]

Год наблюдений	Водосборы						
	1	2	3	6	7	8	9
1974	$\frac{0,2}{50}$	$\frac{7,0}{55}$	$\frac{6,7}{91}$	$\frac{4,1}{49}$	$\frac{1,2}{4}$	—	—
1975	$\frac{6,2}{40}$	$\frac{17,9}{60}$	$\frac{18,7}{95}$	$\frac{11,3}{60}$	$\frac{10,7}{19}$	$\frac{0,1}{25}$	$\frac{0,1}{100}$
1976	$\frac{0,1}{50}$	$\frac{2,3}{74}$	$\frac{1,6}{73}$	$\frac{1,6}{47}$	$\frac{0,3}{3}$	$\frac{0,3}{33}$	$\frac{0,1}{100}$
1977	$\frac{0,1}{50}$	$\frac{0,3}{43}$	$\frac{0,1}{18}$	$\frac{0,4}{44}$	$\frac{0,5}{15}$	$\frac{0,2}{10}$	$\frac{0,1}{100}$

Примечание. В числителе — отложившиеся наносы, т; в знаменателе — процент их к смыву.

В 1974—1976 гг. лесные насаждения задержали в среднем 50...65% наносов, в 1977—38%, причем количество кольматирующихся наносов сильно колебалось по вариантам опыта, достигая нередко 70...90%. В значительной степени это

зависело от характера и состояния водосбора, особенностей водотоков, отложения снега и условий его таяния, напора и характера поверхностного стока и др. Аналогичные данные о кольматации твердого стока лесными насаждениями получены в Орловской и Воронежской областях при изучении Союзгипролесхозом влияния леса на поверхностный сток. Положительное влияние леса на кольматацию наносов проявляется и при ливневом стоке. Л. И. Расторгуев [159] и П. А. Шаталин [по 159] в 1966—1967 гг. в бассейне р. Иловли установили, что при ливне 3 июля 1966 г. мутность воды на расстоянии 20 м от опушки леса снизилась в 11 раз. Положительное влияние на кольматацию ливневого стока оказал лес и 23 августа 1966 г., когда мутность воды после прохождения через лес снизилась в 15...20 раз. При ливне 31 августа 1967 г. менее чем за 1 ч выпало 21,3 мм осадков. Бурные потоки несли мутную воду в реку. Мутность воды на безлесном склоне и при подходе к лесу составляла 53,42 г/л, причём в реку, а также в лес выносились камни диаметром 3...5 см. Мутность этого ливневого стока, прошедшего через лесную полосу 20-метровой ширины, снизилась до 3,02 г/л, т. е. в 17 раз.

Изучение твердого стока, являющегося продуктом главным образом эрозионных процессов, показало тесную взаимосвязь этих процессов с облесенностью водосборных бассейнов. Так, сопоставляя лесистость отдельных частей европейской территории страны с мутностью рек, расположенных в этом регионе, установили, что и низкие показатели твердого стока, а соответственно и мутности речных вод характерны для таежной зоны с высокой лесистостью. В этой зоне, отличающейся высокой инфильтрационной способностью лесных почв, поверхностный сток, как правило, небольшой; в лесу почвенный покров предохранен от смыва и размыва. Заметно повышается эрозионная деятельность в зоне смешанных лесов, где лесистость значительно уменьшается; пахотные земли, с которых смыв почвы намного интенсивнее, чем в лесу, занимают большую территорию. Мутность речной воды может там достигать 120...150 г/м<sup>3</sup> при модулях твердого стока до 60...80 т/км<sup>2</sup> и слое годового смыва до 0,04...0,06 мм.

В зоне лесостепи интенсивность эрозионных процессов и показатели твердого стока увеличиваются, возможно повышение мутности речной воды до 500 г/м<sup>3</sup>. В зоне вечнозеленых лесов (гилей) твердый сток незначителен вследствие как высокой инфильтрационной способности ферралитных и ферритных лесных почв, так и влияния продуктивных лесов, хорошо закрепляющих почву от смыва и размыва.

Велика роль лесных насаждений в защите берегов от разрушения, особенно в период половодья и на абразионных участках. Противодействуя эрозии и дренируя почву, лесные насаждения предотвращают сползание и обрушивание берега в русло реки или акваторию водохранилища. Приспевающий сосновый древостой с густым подлеском из липы и шиповника по берегам р. Илети уменьшает обрушивание берегов в 2,5...3 раза по сравнению с обрушиванием необлесенных берегов [52].

Вырубка деревьев, растущих по меженным берегам, приводит к быстрому разрушению берегов, засорению русел пнями. Разрушение не защищенных лесом берегов под действием течения волн и ледохода — основная причина массового поступления грунта в русло реки. Например, на участке Волги от устья Камы до Астрахани в результате размыва берегов ежегодно в русло поступает около 60 млн. м<sup>3</sup> грунта. В среднем течении Иртыша на участке протяженностью 200...250 км в русло поступает около 10 млн. м<sup>3</sup> грунта. Под защитой лесных насаждений скорость и размеры размыва берегов резко сокращаются. Если в нижнем течении Десны необлесенные берега разрушаются в среднем со скоростью около 9,6 м/год, то под защитой лесных насаждений не более 1...1,6 м/год. Лес оказывает существенное влияние и на устойчивость речных и других водных экологических систем.

Особенно велика защитная роль насаждений по берегам водохранилищ. На волнобойных участках Цимлянского водохранилища берега разрушаются на 150...200 м, а количество обрушившегося грунта составляет 20...130 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км береговой линии, причем  $\frac{2}{3}$  всей массы грунта разрушенного берега откладывается у прибрежной части, а  $\frac{1}{3}$  уносится водой. Созданные на берегах водохранилища лесные насаждения резко сокращают абразионные процессы и надежно защищают береговые склоны от разрушения. На Горьковском водохранилище противоабразионными насаждениями удалось закрепить и предохранить берега водоема и откосы защитных дамб и плотин от размыва и обрушения. Влияние древесной и кустарниковой растительности на уменьшение разрушения берегов обязано скрепляющему действию корневых систем. На Горьковском водохранилище в устье р. Юг осина в возрасте 30 лет задержала отступление берега с уступом высотой 1 м на 4,5 м. При снижении высоты уступа тормозящее влияние леса на размыв берега более ощутимо. Например, на Рыбинском водохранилище (Череповецкий район) в течение 5 лет берег с уступом 0,5...0,7 м, на котором растут пять сосен, отступил на 5 м. На Истринском водохранилище у с. Армягово

ива белая в возрасте 45 лет, росшая на абразионной части берега с высотой уступа около 0,4 м, совершенно не пострадала; на соседних участках берег отступил на 7,5 м. Оставшийся за ивой мыс имеет ширину около 2 м, т. е. при наличии таких деревьев через каждые 1,5...2 м берег будет устойчивым. Если высота уступа абразионного берега 0,4...0,6 м, корневая система деревьев противостоит подмыву берега в течение 4...6 лет. При высоте уступа более 1,5...2 м берег обрушивается обычно в первый же год или в следующий.

Кустарниковые заросли или одиночные густые кусты противостоят волнам всей своей массой, а в случае обрушения берега не опрокидываются, а сползают и хорошо приживаются на новом месте. На Истринском водохранилище в районе Горьковской косы отдельный куст высотой 4 м и диаметром плотно растущих побегов 40 см (диаметр некоторых побегов 6...8 см) защитил 3 м берега с уклоном 12° от обрушения; общий объем призмы защищенного грунта составил около 7 м<sup>3</sup>. На том же водохранилище у с. Армягово плотные заросли ивы чернеющей защитили 3 м берега. Характерно, что из 40 ветвей одного куста 30 имеют стелющуюся форму высотой 0,3...0,7 м, что способствует разрушению структуры волны. На Ивановском водохранилище, где распространены относительно пологие берега и процессы абразии значительно ослаблены, заросли и небольшие куртины ив серой, русской и белой полностью прекращают разрушение берегов с абразионным уступом высотой 0,4...0,5 м. В результате защитного действия кустарников образуются мысы, вдающиеся в водохранилище на 6...8 м. Защитное действие густых зарослей значительно выше защитного действия единичных кустов. Велико их трансформирующее влияние на волны. Довольно густые заросли ивы белой шириной 20...30 м, затопленные на глубину 1,5...3 м, уменьшают высоту волны в 2,5...4,5 раза. Густые заросли ивы с хорошиными защитными свойствами уменьшают энергию волн в 15...25 раз. В Днепровских плавнях во время половодья волна высотой 0,5...0,7 м практически полностью гасится в 7...10 междурядьях полузатопленных густых, хорошо развитых культур вербы, а волна высотой 1...1,3 м — в 15...20 междурядьях [25, 26, 65]. Противоабразионные насаждения, созданные на пляже вдоль Цимлянского водохранилища в виде 24-метровой полосы, уменьшают высоту волн в 2...6 раз. На Рыбинском водохранилище созданные в 1950 г. Дарвинским государственным заповедником в 1,5 км севернее с. Борок противоабразионные посадки ивы ломкой полностью приостановили разрушение открытого для волнобоя мыса высотой 0,7 м, сплошь пронизан-



ного корнями ивы. Большим защитным эффектом отличаются волноломные посадки на берегах Каховского, Кременчугского, Днепродзержинского и других водохранилищ.

Большую водоохранно-защитную роль выполняют горные леса. Они, помимо выполнения климаторегулирующих, почвозащитных и других функций, способствуют предотвращению оползней, селей и наводнений. Благотворное водорегулирующее влияние леса на сокращение поверхностного стока в условиях изрезанного рельефа приобретает особое значение во время ливней и паводков, вызывающих наводнения. Леса умеряют наводнения, а в ряде случаев являются решающим фактором в борьбе с ними. Очень важно в борьбе с речными наводнениями и обмелением рек предотвращение образования оврагов и прекращение их развития.

Горные леса увеличивают фильтрацию воды в почву, уменьшают поверхностный сток и замедляют скорость стекания воды по склонам. Большое влияние оказывают они на накопление снега и интенсивность его таяния. Уменьшая поверхностный сток, прекращая или резко ослабляя эрозию почв, задерживая на склонах камни, закрепляя осыпи и берега русел в хорошо облесенных бассейнах, горные леса практически исключают возможность образования селевых потоков.

Велико в горных условиях значение мелиоративных работ, в частности облесения горных склонов. В облесенных бассейнах более равномерным стал режим рек, восстанавливаются эродированные почвы, прекратились селевые потоки. Это подтверждается облесением бассейна р. Акташ (южные склоны хребта Каржантау, 60 км от Ташкента), проведенным по проекту С. Ю. Раунера. Там создано более 900 га лесных насаждений в сочетании с канавами-террасами. Лесные насаждения предотвратили возникновение селевых потоков. Температура воздуха в лесу всегда на 3...5°C ниже, чем на безлесных склонах. В насаждениях снежный покров распределяется более равномерно. Высота его на 20...30% выше, а период таяния на 10...30 дней дольше, чем на немелиорированных участках. Лесные насаждения способствовали улучшению гидрологического режима. Даже в периоды выпадения ливневых осадков не происходит резкого поднятия уровня воды. Летом в период межени дебит воды, наоборот, увеличивается на 5...8% по сравнению с дебитом ее на безлесном водосборе.

Важное значение для повышения качества воды, поступающей с водосборных бассейнов, имеет правильное ведение хозяйства на территории бассейна. Серьезного внимания заслуживают облесенные территории и особенно вопросы лесопользова-

ния. Подсчитано, что на юго-западе США, где наиболее ценные древесные породы растут на крутых горных склонах, ожидаемое ежегодное повышение рубки леса увеличит вынос твердого стока на 18%, а в результате увеличения площади, занимаемой дорогами, вынос продуктов эрозии достигнет 260% [51].

Нарушение технологии лесосечных работ, оставление лесосечных отходов в поймах рек, лесные пожары, нерегулируемый выпас скота также приводят к усилению заиления и загрязнения водных источников продуктами поверхностного стока. Вырубка леса по берегам рек приводит к повышению максимальных летних температур воды, а следовательно, к ее тепловому загрязнению. Сплошная вырубка леса во многих регионах США привела к повышению температуры воды в малых реках на 7...8°С. В южных отрогах Аппалачского хребта температура воды в реке повышается пропорционально степени незащищенности ее лесом. На участках, где был вырублен лес, максимальная температура воды достигала 29°С, что в среднем на 7°С превышало температуру воды в облесенных реках. При удалении растительности в прибрежной зоне на расстояние только 0,8 км температура воды увеличивается по сравнению с температурой воды затененных участков на 0,5°С. Замечено, что температура воды в реке, протекающей на водосборе с сельскохозяйственными угодьями, уменьшилась на 7°С (с 27 до 20°С) после прохождения ею 120 м по лесистой территории.

Аналогичные наблюдения были проведены и в других районах. Так, энергия солнечной радиации на открытых участках реки составляла 1,1...1,2 кал на 1 см<sup>2</sup> в минуту, на затененных лесом участках 0,3...0,4 кал·см<sup>2</sup>/мин. В районах, где по берегам рек при лесозаготовках были оставлены лесные полосы 30-метровой ширины, максимальное повышение температуры не превышало 1°С, в то время как на водосборе, где был вырублен лес до самого русла реки, она повышалась на 8°С [51].

Так же велика роль лесных насаждений в предотвращении испарения воды в водоемах. Защитные лесные насаждения по берегам водоемов (рек, водохранилищ), уменьшая скорость ветра и турбулентность, значительно снижают испарение с водной поверхности. В южной части лесостепи фактическая экономия воды в результате уменьшения испарения с малых водоемов, окруженных лесными полосами, составляет 280 мм, а в районе Сальских степей — 240 мм, или соответственно 2800 и 2400 м<sup>3</sup> с 1 га [3].

Исследования, проведенные в различных районах страны, подтверждают положительную роль леса в предотвращении нежелательного повышения температуры водоемов, ведущего к их тепловому загрязнению. Они помогут эффективнее вести борьбу с загрязнением водных источников, а также своевременно и научно обоснованно разрабатывать системы мероприятий для санитарной охраны водохранилищ, каналов и других водоемов. Особое значение они будут иметь при разработке защитных мероприятий агролесомелиоративного и лесохозяйственного характера в районах нового строительства гидроэлектростанций с системой водохранилищ.

## **2. ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОД ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА**

Вода, как это отмечалось выше, играет большую роль в жизни человека, удовлетворяя его физиологические, санитарно-гигиенические и хозяйственные потребности. Она необходима человеку для поддержания нормального функционирования организма, регулирования температуры тела, введения в кровь питательных веществ, процессов ассимиляции и диссимиляции в организме, удаления отходов из организма, а также для поддержания чистоты, закаливания, купания и других очень важных целей.

• Вода может оказать на человеческий организм и отрицательное воздействие, прежде всего при неблагоприятных физическом состоянии и химическом составе, а также когда в ней есть вредные микроорганизмы. Это отрицательное воздействие воды может проявляться не только при ее употреблении для питья и приготовления пищи, но и при купании, умывании, плавании и т. п., поэтому к воде предъявляются высокие санитарно-гигиенические требования. Вода должна быть хорошего вкуса, без запаха, иметь определенную температуру и обладать освежающим свойством, быть прозрачной и бесцветной, иметь определенный химический состав и не содержать ядовитых веществ, патогенных и других вредных микроорганизмов.

Основной источник воды, которая попадает в водоемы (реки, водохранилища, озера и т. п.), — атмосфера. Вода, поступающая в водоемы с водосборных площадей по пути следования, значительно изменяет свой первоначальный химический состав, органолептические и бактериологические показатели.

Капли дождя еще при падении, не достигнув поверхности почвы, обогащаются азотом и кислородом воздуха. В основном химический состав воды формируется во время ее движения по поверхности. Соприкасаясь с почвогрунтами, остатками растительных и животных организмов, вода выщелачивает из них различные вещества, приобретая тем самым качественно новый химический состав, изменяющийся в свою очередь в результате химических процессов, испарения воды и пр. Эти процессы могут сопровождаться как положительными, так и отрицательными воздействиями на воду. Отсюда очевидна важность изучения изменений химических и бактериологических характеристик воды и влияния на них внешних факторов. Изучение химического состава воды необходимо для определения ее качества. Вопрос о качестве воды решается по-разному в зависимости от ее назначения. Одни требования предъявляются к воде для промышленности, другие для сельскохозяйственных производств и, наконец, третьи (самые высокие) для использования ее человеком. Отдельные промышленные предприятия (целлюлозно-бумажные, пищевые и др.) нуждаются в воде высокого качества. В воде для обводнения и орошения сельскохозяйственных земель не должно быть ядовитых химических веществ в недопустимых концентрациях. Особенно важное значение приобретают качества так называемой хозяйственно-питьевой воды, т. е. используемой для питья, а также идущей на хозяйственно-бытовые и культурные нужды.

В связи с этим и возникла особая область науки — гидрохимия, которая как специальная научная дисциплина сформировалась сравнительно недавно. Значение химического состава воды особенно возрастает в современных условиях, когда переустройство речной сети, строительство больших и малых водохранилищ требуют углубленного изучения водных объектов и закономерностей, определяющих их режим. Без предварительного изучения органолептических свойств, химического состава и бактериологических показателей вод поверхностного стока не может быть построено ни одно сколько-нибудь значительное современное гидротехническое строительство. Создание водоемов нового типа в виде огромных водохранилищ с регулируемым стоком существенно изменяет режим стока, условия формирования физических, химических свойств и бактериологических характеристик воды.

Изучением качества воды, как особо важного фактора при использовании водохранилищ для хозяйственно-питьевого водоснабжения, занимаются специальные научно-исследовательские институты и организации.

Разработаны надежные методы и способы санитарно-гигиенических исследований. В 1908—1914 гг. большие работы, связанные с изучением химического состава рек, были проведены в Средней Азии.

В связи с бурным ростом и развитием народного хозяйства нашей страны уже в 20—30-х годах появилась необходимость приступить к всестороннему изучению речного стока и связанных с ним процессов. Особое внимание было уделено изучению стока растворенных веществ. В природной воде было открыто большое число таких микроэлементов, как титан, литий, никель, кобальт, радий и много других. Но не микроэлементы главная составная часть растворенных в воде веществ. Основную роль в минерализации речных вод играют соли хлорида натрия (NaCl), хлорида калия (KCl), сульфата кальция (CaSO<sub>4</sub>), карбоната магния (MgCO<sub>3</sub>) и др.

О. А. Алекин на основе химических анализов воды в 1330 створах рек СССР составил специальную карту гидрохимии речных вод страны. По его данным, минерализация воды рек, занимающих почти  $\frac{3}{4}$  территории СССР, менее 200 мг/л, а на сравнительно больших пространствах Сибири и Севера европейской части Союза менее 50 . . . 100 мг/л [по 96].

Наибольших размеров ионный сток достигает в районах с высокой минерализацией почвогрунта и высокой водностью. К районам с наиболее высоким ионным стоком (более 40 т/км<sup>2</sup>) относятся Карпаты с бассейном Днестра, приазовские степи, южная часть Крыма и др. Особенно высокой интенсивности ионный сток достигает на Кавказе и в Средней Азии. Например, при небольшой минерализации воды Риони (154 мг/л) ионный сток ее из-за высокой водности достигает 142 т/км<sup>2</sup>. Годовой ионный сток рек СССР составляет примерно 384 млн. т, что лишь в 1,5 раза меньше общего объема твердого стока. В табл. 42 приведены данные о гидрохимии рек [96].

В СССР проведены большие работы для изучения гидрохимического режима водохранилищ. В 1960 г. лабораторией гидрологии Института биологии внутренних вод АН СССР под руководством Н. В. Буторина были начаты исследования водных масс верхневолжских водохранилищ.

При изучении гидрохимического режима водоемов исследователи чаще всего ограничивались решением небольшого круга частных вопросов, тогда как вопросы влияния внешних факторов, особенно древесно-кустарниковой растительности, на сток пока освещены слабо. Пока можно назвать лишь отдельные работы, посвященные такому важному вопросу, как влияние растительности на воды поверхностного стока. П. П. Во-

## 42. Данные гидрохимических исследований в устьях некоторых рек СССР [96]

Река	Площадь бассейна, тыс. км <sup>2</sup>	Годовой сток воды, км <sup>3</sup>	Минерализация воды, мг/л	Годовой ионный сток, млн. т.	Модуль ионного стока, т/км <sup>2</sup>
Печора	322	130	55	7,2	22,3
Северная Двина	357	112	126	14,4	40,3
Нева	282	82	37	3,0	20,6
Западная Двина	88	19	182	2,5	28,4
Днестр	72	11	337	3,7	51,5
Днепр	504	53	144	7,6	15,1
Дон	422	29	388	9,8	23,2
Кубань	62	11	273	3,0	48,4
Риони	14	13	154	2,0	142,0
Волга	1380	252	213	53,9	39,1
Урал	220	11	320	3,2	14,5
Кура	188	18	278	5,0	26,6
Сырдарья	462	14	835	11,7	25,3
Амударья	465	42	415	17,4	37,5
Обь	2975	398	35	33,5	11,3
Енисей	2580	618	78	48,4	18,8
Лена	2490	518	110	54,4	21,8
Индиگیرка	360	57	35	2,0	5,6
Амур	1855	397	13	7,2	32,1

ронков и О. К. Соколова на Валдайской станции в течение 4 лет изучали влияние облесенности водосбора на величину ионного стока [37]. Они установили, что объем годового стока растворенных веществ с необлесенного лога (16,9 т/км<sup>2</sup>) превышает объем годового стока с облесенного лога (6,4 т/км<sup>2</sup>) более чем в 2 раза. Однако эти данные еще недостаточно отражают взаимодействие воды с древесно-кустарниковой и травянистой растительностью. Это взаимодействие на площадях, покрытых лесом, разнообразно, причем в процессе круговорота воды состав ее меняется.

Если атмосферная влага в лесу поступает через кроны древесной и кустарниковой растительности, то вода дополнительно обогащается минеральными веществами, количество и качество которых зависит от характера и состояния насаждений, от

состава и густоты деревьев. При достижении поверхности почвы вода соприкасается с травянистой растительностью, с лесной подстилкой и опять обогащается минеральными веществами. При передвижении в почве вода также изменяет свои органо-плетические свойства и химический состав.

Очень сильное влияние на химический состав воды оказывают горные породы, непосредственно обогащающие почву ионами и являющиеся главнейшими источниками насыщения воды солями. Основные источники ионов  $\text{Cl}'$ ;  $\text{SO}''_4$ ;  $\text{HCO}'_3$ ;  $\text{Mg}''$ ,  $\text{Na}^1$ ,  $\text{K}^1$  — соли водорастворимой части почв и подстилающих их пород. По мере проникновения атмосферных осадков в почву количество растворенных минеральных веществ в них увеличивается, а органических — уменьшается.

В. А. Губарева [50] на основе многолетних исследований и наблюдений в Теллермановском опытном лесничестве установила, что по мере проникновения в глубь почвы вода насыщается (с небольшими отклонениями в разные годы) ионами  $\text{Mg}''$ ,  $\text{HCO}'_3$ ; более заметные колебания на разных глубинах отмечены в концентрациях ионов  $\text{Na}^1 + \text{K}^1$ ;  $\text{SO}''_4$ ,  $\text{Cl}'$ . Концентрация ионов  $\text{NH}_4$  несколько снижается в воде по мере просачивания ее с поверхности почвы на глубину до 200 см, а на глубине 400 см вновь повышается. Значительное количество нитратных ионов вымывается из верхних горизонтов почвы до глубины 200 см, следы их обнаруживаются и на глубине 400 см; при просачивании воды в глубь почвы увеличивается ее щелочность по сравнению с щелочностью воды, стекающей по поверхности почвы.

Есть сведения о том, что отсутствие лесной растительности приводит к увеличению содержания нитратов в речной воде. При полном отсутствии лесной экосистемы уменьшаются запасы питательных веществ в воде. В небольшой речной системе, изученной американскими учеными, через год после вырубki всех деревьев на водосборе и уничтожения химикатами оставшейся растительности концентрация нитратов в речной воде увеличилась более чем в 10 раз. До уничтожения древесно-кустарниковой растительности содержание нитратов в воде составляло 0,9 мг/л, спустя год после вырубki — 10 мг/л, а через 2 года после полного удаления растительности достигла 53 мг/л. В летний период это привело к цветению водорослей. Изучение влияния породного состава насаждений на химический состав дождевых вод показало, что стекающая по стволам сосны смолистой и тсуги канадской вода содержит больше питательных веществ, чем вода, стекающая по стволам бука. В сентябре дождевые воды выносили больше калия, чем

в мае, а осенью кальций вымывался с тсуги и бука в большем количестве, чем с сосны [51].

Изучением влияния леса на органолептические свойства и химический состав вод в США занимались Attiwill, Slack и Faltz, Rothacher, Thomas, Cole и Gessel, Tarrant и другие исследователи [51]. По данным Тарранта и др. [51], общее содержание азота в осадках, прошедших через полог ольхи красной, в 5 раз превосходило содержание его в осадках, собранных на открытом месте. Азота было почти в 4 раза больше в осадках под пологом смешанного хвойно-ольхового леса и почти в 3 раза больше под хвойными насаждениями. Годовое поступление азота в лесную подстилку достигло 112 кг/га под пологом ольхи красной и лишь 36 кг/га под хвойными деревьями.

В нашей стране большое внимание исследованиям изменения химического состава атмосферных вод под влиянием древесно-кустарниковой растительности уделяет А. А. Молчанов [113, 114, 115], который на основе исследований в Теллермановском опытном лесничестве, установил, что осадки, выпадающие на безлесную поверхность почвы, бедны растворенными химическими веществами. Так, гидрокарбонатных ионов в них содержится 20,29 мг/л, ионов хлора 9,52 мг/л, кальция 3,36 мг/л, магния 3,35 мг/л и калия с натрием 10,65 мг/л. После прохождения атмосферных осадков сквозь кроны деревьев количество этих веществ возрастает. Осадки, проникшие сквозь полог ясеня 65-летнего возраста, содержат гидрокарбонатных ионов 46,53 мг/л, хлора — 10,60 мг/л, кальция — 10,12 мг/л и ионов магния — 4,51 мг/л. При этом осадки, проникшие сквозь полог ясеня, содержат больше растворенных веществ, чем осадки, которые проникли через полог дубового насаждения. Состав примесей в весенней воде, стекающей по поверхности почвы, изменяется в зависимости от типа леса, длины водосбора, ширины поймы, времени и т. д. Химический состав весенней воды, стекающей по поверхности стоковой площадки, расположенной в снытево-осоковой дубраве, богаче растворенными химическими веществами, чем воды, стекающей с открытой солонцевой поляны.

Исследованиями В. Н. Мины в хвойно-широколиственных лесах Подмосковья и в подзоне южной тайги Ярославской области подтверждается, что концентрация элементов в осадках, проникающих через кроны, зависит от вида растений и условий их произрастания. Более интенсивно вымывается из полога ели калий, из березы — кальций. Из крон сосны, растущей на супесчаных подзолах южной тайги, вымывается почти равное



количество калия и кальция. Концентрация кальция в воде, проходящей через кроны сосны, растущей на слабоподзолистых почвах Подмосковья, почти в 2 раза превышает концентрацию калия. В. Н. Мина установил, что за 4 месяца жидкими осадками из кроны деревьев вымывается 8...9 кг/га кальция и калия, 2...3 кг/га магния и аммиачного азота [50].

По данным В. А. Губаревой [50], концентрация ионов минеральных веществ в атмосферных осадках под пологом 67...70-летних древостоев всегда несколько выше, чем под пологом 28...31-летних, а в осадках под пологом 220-летних древостоев немного ниже, чем в 70-летних. Увеличивают концентрацию минеральных веществ в осадках под пологом древостоев, в основном, ионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ . Концентрация ионов аммония в осадках на безлесных площадях и под пологом леса выше, чем концентрация нитратных и нитритных ионов. В осадках под пологом древостоев концентрация свободной углекислоты выше, чем на прогалине в лесу и на открытой площади вблизи жилья. Доказано также, что атмосферные осадки, проникая через кроны и стекая по стволам, обогащаются не только минеральными, но и органическими веществами. При прохождении атмосферных осадков через подстилку продолжается насыщение воды различными элементами вследствие выщелачивания их из подстилки.

Лесные насаждения уменьшают вынос растворенных солей в водные источники. Подтверждением этому может служить изучение химизма и водного режима рек, имеющих бассейны с разной степенью облесенности. По химизму рек можно узнать не только качественный состав, но и количество солей, выносимых из почв. Вынос солей из почв в реки происходит преимущественно с поверхностным стоком. По данным В. В. Рахманова [160], свыше 90% всех солей, содержащихся в реках Окского бассейна, попадает в них вместе с поверхностным стоком. В течение 1938—1939 гг. со всего бассейна Оки ежегодно выносилось 7...8 млн. т различных солей, из них около 3 млн. т, или около 40%, вымывалось из почв бассейна. В среднем по бассейну вынос почвенных солей достигал 10...12 т с 1 км<sup>2</sup>, или 100...120 кг с 1 га в год. В табл. 43 приведены данные о выносе весенними тальми водами из почв бассейнов рек растворенных солей в зависимости от облесенности бассейнов.

При сравнении сходные по орографическим и почвенным условиям, но различные по степени облесенности бассейны верховья Оки и Мокши (лесистость бассейна в верховье Оки не превышает 4...5%, а Мокши — достигает 35%) видно, что вынос растворенных солей из почв бассейна Мокши резко

## 43. Вынос почвенных солей весенними талыми водами (кг/га) [160]

Химические вещества	Вынос солей, кг/га, с бассейнов рек				
	Оки (верховье)	Москвы	Мокши	Шны	Клязьмы
Ca	17,5	16,5	14,6	19,6	10,4
Mg	2,5	3,0	4,0	3,4	3,4
Na+K	2,4	3,1	3,8	3,0	2,2
HCO <sub>3</sub>	62,6	50,5	27,9	65,1	30,3
SO <sub>4</sub>	11,9	13,8	12,7	22,0	11,8
Cl	1,7	1,7	2,3	2,3	2,1
Прочие	1,4	2,0	0,7	0,9	0,8
Итого	100	90,6	66,0	116,3	61,0

(почти в 2 раза) сокращается по сравнению с выносом их из почв бассейна верховья Оки. В огромном влиянии леса на уменьшение выноса солей из почв можно убедиться при сравнении бассейнов верховьев р. Москвы и Клязьмы. Если в верховье р. Москвы в 1938 г. из почв было вынесено в среднем 90 кг солей с 1 га, то в верховье Клязьмы, где лесистость достигала 26%, только 60 кг с 1 га. Сравнение выноса солей с бассейнов других рек приводит к тем же результатам.

Исследованиями Союзгипролесхоза также подтверждается положительное влияние леса на изменение органолептических свойств и химического состава вод, поступающих в водоемы. Влияние лесных насаждений на очистку стоковых вод с сельскохозяйственных территорий изучали в 1975—1978 гг. на шести малых водосборах, расположенных в районе Куйбышевского водохранилища. Цветность воды в начале стока с пашни составляла 20...10°, с луга и из лесных насаждений — менее 10°, в период максимума соответственно 80...40°, 20 и менее 10°. Прозрачность воды как с пашни, так и с луга и лесных насаждений была довольно высокой (25 см и выше); в период максимума весеннего стока она в первом случае резко падала, а во втором — оставалась довольно высокой (22...25 см). Содержание нитритов в воде с пашни колебалось от 0,003 до 0,30 мг/л, с луга значительно меньше — 0,01...0,07, а из насаждений всего 0,01...0,03 мг/л; ионов аммония в воде с пашни было 0,7...1,5 мг/л, с луга — 0,5...1,2 и из насаждений 0,15...0,40 мг/л, или в 4 раза меньше, чем с пашни.

Окисляемость воды в исследуемый период составляла на пашне 10,0...20,8, на лугу 12,1...27,0 и в насаждениях 18,5...33,3 мг кислорода на 1 л. Содержание калия в воде, стекающей со всех категорий угодий, 1,5...9,5 мг/л, фосфора соответственно 0,02...0,50 мг/л; 0,05...0,70; 0,5...1,0 мг/л.

#### 44. Физико-химические показатели стоковой воды

Показатели	Водосбор 1		Водосбор 3		Водосбор 6		Водосбор 7	
	Выше полосы (пашня)	Ниже полосы (лес)	Выше полосы (пашня)	Ниже полосы (лес)	Выше полосы, залуженный (пашня)	Ниже полосы, залуженный (луг)	Выше полосы (пашня)	Ниже полосы (лес)
<i>В начале весеннего стока</i>								
Прозрачность, см	25	25	25	25	25	25	25	25
Цветность, град	20	10	10	10	10	10	10	10
pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Нитриты, мг/л	0,5	0,05	0,10	0,10	0,03	0,03	0,05	0,05
Нитраты, мг/л	—	—	—	—	2,10	4,10	1,00	1,40
Аммиак, мг/л	0,10	0,10	0,20	0,15	0,60	0,50	0,30	0,20
Щелочность, мг/л	24,4	36,8	86,0	13,2	24,4	24,4	24,4	36,6
Окисляемость, мг/л	4,6	5,3	7,5	8,2	4,5	—	—	—
<i>В период максимума весеннего стока</i>								
Прозрачность, см	2	9	5	6	14	20	1	1
Цветность, град	150	40	40	40	10	10	150	80
pH	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
Нитриты, мг/л	0,01	0,03	0,15	0,09	0,06	0,05	0,03	0,03
Нитраты, мг/л	—	—	—	—	—	—	—	—
Аммиак, мг/л	—	—	—	—	—	0,05	0,10	—
Щелочность, мг/л	30,0	36,8	73,2	61,0	36,6	36,6	36,8	73,2
Окисляемость, мг/л	6,1	8,5	4,2	9,0	6,2	4,4	8,2	6,2

Наибольшее влияние лесных насаждений на вынос солей из почв проявляется в период максимального стока, когда в воде, поступающей с пашни, резко возрастает количество взвешенных и растворенных веществ. В табл. 44 приведены физико-химические показатели стоковой воды в разные фазы паводка (в начале стока и в период максимума) по данным наблюдений 1975—1976 гг. Если прозрачность воды, поступающей

с пашни (выше полосы) в период максимального весеннего стока, составляла 2...5 см, то прозрачность воды, прошедшей через лесные насаждения, увеличилась до 6...9 см, цветность уменьшилась соответственно со 150 до 40...80°. Лесные насаждения уменьшили в воде и содержание нитритного, нитратного и аммиачного азота. Окисляемость воды после прохождения через лес увеличилась.

Исследования Союзгипролесхоза о влиянии леса на задержание минеральных удобрений и пестицидов показали, что лесные насаждения трансформируют большинство химических веществ, причем степень трансформации в значительной мере зависит от состава, характера и состояния древесной и кустарниковой растительности. Содержание аммиачного азота в воде после пропуска ее по 5-метровой площадке в березовом насаждении уменьшилось в среднем на 0,9 мг/л, нитратного азота — на 0,4 мг/л; после пропуска по 10-метровой площадке содержание этих элементов уменьшилось соответственно на 3,1 и 0,4 мг/л. Пятиметровая площадка в сосновом насаждении уменьшила аммиачный азот в среднем на 2,7 мг/л, нитратный азот несколько увеличился, а на лугу эти же показатели уменьшились соответственно на 2,4 и 1,8 мг/л. Содержание фосфатов уменьшилось на всех площадках, а именно: на 5-метровой березовой на 0,26, 10-метровой березовой на 0,55, сосновой на 0,36 и на лугу на 0,60 мг/л. Общая жесткость в основном уменьшилась, окисляемость увеличилась.

Большое влияние лесные насаждения оказывают на предотвращение загрязнения водоемов пестицидами. Содержание хлорофоса в воде после ее пропуска через 5-метровые площадки в березовом и сосновом насаждениях уменьшилось с 0,60 до 0,25 мг/л и с 0,10 до 0,05 мг/л; количество гексахлорана после прохождения загрязненной им воды через 5-метровые площадки в сосновом насаждении и на лугу уменьшилось во всех опытах с 0,041...0,044 мг/л до 0,001...0,0015 мг/л. В табл. 45 приведены данные за 1978 г. о задержании лесными насаждениями пестицидов в стоковой воде, полученные Союзгипролесхозом.

Все лесные насаждения значительно очищают поверхностные воды от пестицидов. Наилучшими показателями характеризуются сосновый и кленово-липовый леса.

Данные исследований автора в различных лесорастительных условиях и климатических зонах страны выявили положительное и эффективное влияние лесных насаждений на изменение органолептических свойств и химического состава весенних поверхностных вод, стекающих с безлесных водосборных пло-

#### 45. Содержание пестицидов после прохождения стоковой воды через лесные насаждения

Характеристика площадки	Содержание в воде, мг/л					
	Г ХЩГ (гексахлорциклопексана)		Хлорофоса		2,4 Д-аминовой соли	
	Контроль	После прохождения через площадку	Контроль	После прохождения через площадку	Контроль	После прохождения через площадку
Березовое насаждение (10Б+С, ед. Ос)	0,0398	0,0154	0,150	0,098	1,50	0,570
Кленово-липовый естественный лес	0,0310	0,0001	1,550	0,074	1,46	0,161
Луг	0,0295	0,0012	0,155	0,005	1,45	0,433
Сосновое насаждение (10С)	0,0360	0,0007	0,150	0,066	1,50	0,156

щадей. Органолептические свойства воды, прошедшей через лесную полосу, значительно выше; уменьшается мутность и цветность, увеличивается прозрачность. Отмечается положительное влияние леса и на химический состав воды. В табл. 46 приведены данные исследования органолептических свойств воды, прошедшей через полезащитную, водорегулирующую и приовражно-балочную защитные лесные полосы.

Полезащитная дубовая лесная полоса 20-метровой ширины создана в 1948 г. посевом желудей с размещением посадочных мест 5×3 м. Водорегулирующая лесная полоса шириной 22,5 м заложена в 1959 г. чистыми рядами березы в чередовании с кустарником (лещиной и акацией желтой) при размещении посадочных мест 2,5×0,5 м. Приовражно-балочная лесная полоса заложена в том же 1959 г. Ширина ее 22,5 м, но с размещением посадочных мест древесно-кустарниковых пород 1,5×0,5 м, всего 15 рядов (6 рядов сосны и лиственницы, 5 рядов клена и 4 ряда кустарников — жимолости и лещины). Данные, приведенные в табл. 46, показывают, что прозрачность воды, прошедшей через полезащитную лесную полосу, резко повысилась.

Прозрачность воды — один из важнейших признаков ее доброкачественности. Она зависит от большего или меньшего содержания в воде механических взвешенных веществ (мути) и химических примесей (например, двууглекислых солей желе-

#### 46. Основные показатели органолептических свойств воды под влиянием лесных насаждений

Место взятия пробы воды	Прозрачность, см	Цвет, град	Запах, балл	Мутность	Осадок
-------------------------	------------------	------------	-------------	----------	--------

##### *Полезационные лесные полосы*

Выше лесной полосы	8	20	Гнилостный, 4	Взвешенная	Нет
Ниже „ „	19	5	Нет	Слабая опалесценция	Нет
Выше „ „	1	10	Затхлый, 2	Сильновзвешенная	Большой
Ниже „ „	12	10	Затхлый, 1	Опалесцирующая	Нет

##### *Водорегулирующие лесные полосы*

Выше лесной полосы	2	60	То же, 1	Сильновзвешенная	Заметный
Ниже „ „	4	50	„	То же	То же
Выше „ „	3,5	30	Затхлый, 2	Взвешенная	Ничтожный
Ниже „ „	15	20	Затхлый, 1	Опалесцирующая	Нет

##### *Приовражно-балочные лесные полосы*

Выше лесной полосы	2	30	То же, 1	Сильновзвешенная	Большой
Ниже „ „	3	30	„ „	Взвешенная	Небольшой

за), делающих воду мутной вследствие выпадения ржавого осадка гидрата окиси железа. При оценке качества воды этому элементу уделяют особое внимание. Минимальная допустимая прозрачность питьевой воды должна составлять не менее 30 см по шрифту Снеллена. Вода прозрачностью от 20 до 30 см считается слабомутной, 10...20 см — мутной и до 10 см — очень мутной.

Цветность воды, прошедшей через лесную полосу значительно ниже цветности воды, взятой для анализа выше лесной полосы. Под влиянием полезационной лесной полосы заметно

47. Изменение химического состава стоковых вод под влиянием лесной растительности

Место взятия пробы	pH	Щелочность, мг/л	Окисляемость, мг/л	Аммонийные соли, мг/л	Нитриты, мг/л	Нитраты, мг/л	Хлориды, мг/л	Кальций, мг-экв/л	Магний, мг-экв/л	Железо, мг/л	Жесткость общая, мг-экв/л	Взвешенные вещества при 110°С, мг/л	Биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК <sub>5</sub> )
Полезацитные лесные полосы													
Выше лесной полосы	6,6	0,2	2,9	0,8	0,003	0,2	Нет	4,0	0,97	0,1	0,28	31,5	5,9
Ниже „ „	6,4	Нет	10,9	0,2	0,002	0,2	То же	2,0	1,1	0,1	0,19	Нет	1,4
Выше „ „	7,0	То же	22,1	0,4	0,002	Нет	„	4,0	1,5	Нет	0,32	281,0	1,5
Ниже „ „	6,6	„	5,3	0,4	0,001	То же	„	3,2	1,5	0,05	0,28	193,0	1,3
Водорегулирующие лесные полосы													
Выше лесной полосы	6,8	„	18,6	0,20	0,002	0,3	Нет	4,0	0,97	0,1	0,28	98,0	0,6
Ниже „ „	6,6	„	10,6	0,20	0,002	0,3	„	3,0	0,60	0,1	0,19	65,0	0,3
Выше „ „	6,4	„	15,7	0,08	0,001	Нет	„	3,2	0,50	Нет	0,20	18,0	0,9
Ниже „ „	6,5	„	18,1	0,04	0,001	То же	„	8,0	0,97	То же	0,48	654,0	7,2
Овражно-балочные лесные полосы													
Выше лесной полосы	6,5	„	26,6	0,9	0,003	0,2	Нет	2,0	Нет	0,1	0,1	307,0	5,0
Ниже „ „	7,0	„	17,6	0,8	0,002	0,3	„	6,0	0,97	0,1	0,38	220,0	2,8

уменьшается мутность и улучшается запах воды. Аналогичны изменения органолептических свойств воды (прозрачности, цвета, запаха, мутности и осадка), прошедшей через водорегулирующую и приовражно-балочную лесную полосу.

Анализ химического состава воды, прошедшей через полезащитную, водорегулирующую и приовражно-балочную лесную полосу (табл. 47), и воды, не прошедшей через лесные насаждения (контроль), показывает огромную роль древесно-кустарниковой растительности в повышении ее качественных показателей. Лесные насаждения резко сокращают содержание в воде солей аммиака, азотной и азотистой кислот. Так, в воде, прошедшей через полезащитную лесную полосу, значительно сокращается содержание аммонийных солей, нитритов по сравнению с содержанием их в воде, не прошедшей через лесную полосу.

Другие виды защитных лесных насаждений также положительно влияют на изменение химического состава протекающей через них воды. Данные, аналогичные приведенным, получены при исследовании влияния лесных насаждений на химический состав воды в Пензенской, Воронежской, Московской и других областях. В 1977—1978 гг. в Воронежской и Орловской областях были проведены исследования влияния защитных лесных насаждений на органолептические свойства и химический состав поверхностных вод, поступающих с безлесных водосборных площадей в водоемы (табл. 48).

Различные древесно-кустарниковые породы по-разному влияют на органолептические свойства и химический состав вод, проходящих через лесные насаждения. Е. С. Спиридонов [179] на правом берегу Волгоградского водохранилища (в районе г. Камышина) исследовал воду, поступающую в водохранилище из чистого соснового, дубового (с примесью ясеня и акации), акациевого и вязового насаждений, а также с выгона. В табл. 49 приведены основные органолептические свойства и химический состав проб воды. На изменение цветности воды оказывает влияние смешанное дубовое насаждение. Влияние различных насаждений на прозрачность воды неодинаково.

Интересные данные о влиянии лесной подстилки на химический состав стоковых вод получены Е. С. Спиридоновым [180]. По его данным (табл. 50), стоковая вода, прошедшая по склону через чистое сосновое насаждение шириной 50 м (возраст 50 лет, полнота 0,8, бонитет I), значительно улучшила свои показатели. Цветность резко снизилась, прозрачность воды повысилась, уменьшилась мутность. Улучшились и другие показатели.



**48. Основные органолептические свойства и химический состав поверхностных вод по данным исследования в Орловской и Воронежской областях**

Место взятия пробы	Прозрачность, см	pH	Окисляемость, мг-экв/л	Жесткость, мг-экв/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Железо, мг/л	Магний, мг-экв/л	Кальций, мг-экв/л	Группа аммония, мг/л	Нитриты, мг/л	Нитраты, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л
--------------------	------------------	----	------------------------	---------------------	---------------	----------------	--------------	------------------	-------------------	----------------------	---------------	---------------	---------------------------

*Орловская область*

Выше лесной полосы	15,0	5,5	6,8	0,4	2,76	14,4	0,50	0,1	0,3	2,0	0,020	—	194,6
Ниже лесной полосы шириной 45 м (сосна)	25,0	6,0	11,2	1,4	2,30	14,4	0,50	1,1	0,3	1,2	0,040	—	4,2
Выше лесной полосы	13,0	6,0	4,4	0,8	2,30	14,4	0,75	0,6	0,2	0,8	0,002	0,4	2216,0
Ниже лесной полосы шириной 25,5 м (лиственница)	17,5	6,0	16,4	0,8	2,30	24,0	0,75	0,6	0,2	0,8	0,002	0,3	2,8

*Воронежская область*

Выше лесной полосы	6,0	7,10	4,6	1,5	5,35	8,9	—	—	—	0,58	0,014	<0,5	—
Ниже лесной полосы	8,0	7,05	6,2	0,6	6,42	16,8	—	—	—	0,46	0,013	<0,5	—

49. Органолептические свойства и химический состав стоковых вод [179]

Место взятия пробы	Цветность, град	Запах	Мутность	Осадок	Прозрачность, см
Выгон выше лесных насаждений (контроль)	300	Запах ила	Мутная	Илистый	—
При выходе из соснового насаждения	60	Без запаха	Нет	Незначительный	12
При выходе из насаждений дуба, ясеня, акации желтой	45	То же	То же	То же	16
При выходе из акациевого насаждения	80	„	„	Хлопьевидный	7
При выходе из насаждений вяза	50	Незначительный запах	„	То же	2,8

Все приведенные данные, позволяют сделать вывод о том, что лесные насаждения выполняют важную роль естественного фильтра-очистителя, улучшающего органолептические свойства и химический состав воды, поступающей с водосборных площадей в водоемы.

В природных водах содержится значительное количество различных микроорганизмов, среди которых встречаются и очень опасные для жизни человека. По внешнему виду они сравнительно однообразны. Известны три формы бактериальных клеток: шарообразная, цилиндрическая и спиральная. Шарообразные называются кокками, цилиндрические — палочками, спиральные — спириллами. Наиболее распространенные формы бактерий в сточных водах — палочки. Наличие в воде

50. Основные химические показатели воды, прошедшей через лесную подстилку сосновой лесной полосы [180]

Место взятия пробы	Цветность, град	Прозрачность, см	Мутность, г/л	Щелочность, мг/л	Жесткость		Хлориды, мг/л	Аммиак, мг/л	Окисленность, мг/л
					Карбонатная, мг-экв/л	Общая, мг-экв/л			
Бассейн (контроль)	80	4	7,60	3,6	12,3	12,3	45,0	0,41	18,9
При выходе из чистого соснового насаждения	60	12	6,11	3,8	12,9	12,9	50,0	0,32	36,1

Щелочность, мг/л	Карбонатная жесткость, мг/л	Общая жесткость, мг/л	Железо, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Азот аммиака, мг/л	Азот нитратов, мг/л	Азот нитритов, мг/л	Окисляемость, мг/л	Реакция среды pH
1,0	2,80	3,0	0,03	35	30	0,38	0,001	0,001	10,8	6,0
0,50	1,40	4,66	0,10	30	10	0,17	0,001	0,002	6,4	5,5
0,84	2,28	7,30	0,10	30	50	0,19	0,001	0,002	6,0	5,5
0,23	0,51	1,16	0,10	25	50	0,21	0,001	0,002	7,5	5,5
0,74	2,0	2,84	0,05	22,5	50	0,26	0,001	0,002	8,9	5,5

таких бактерий и органического вещества — показатель степени ее загрязненности.

Наиболее подвержены бактериальному загрязнению водоемы в густонаселенных районах. Очень опасны бытовые сточные воды и отходы предприятий, особенно необеззараженные сточные воды инфекционных больниц. Патогенные микробы проникают в открытые водоемы также с поверхностным стоком с загрязненных ими берегов во время атмосферных осадков. Не являясь привычными обитателями водной среды, они сравнительно долго живут в ней и сохраняют свои свойства. Так, возбудители брюшного тифа и паратифов остаются жизнеспособными в воде в течение 1...2 месяцев, дизентерии — до 2 месяцев, лептоспироза — 1...2 месяца и т. д. В связи с этим к воде должны предъявляться исключительно высокие санитарно-гигиенические требования.

Первое и основное требование к хозяйственно-питьевой воде, используемой человеком, — отсутствие в ней патогенных микробов. В связи с тем, что прямое определение патогенных микробов очень сложно и трудоемко, показателем уровня бактериального загрязнения воды стало содержание в ней кишечной палочки — обычного обитателя кишечника. Кишечная палочка — более устойчива, чем патогенные микробы. После дезинфекции воды обычными дозами хлора при полной гибели патогенных микроорганизмов в колбах оставалось не более трех живых кишечных палочек на 1 л воды. Это дало основание нашему водно-санитарному законодательству принять так

называемый коли-индекс не более 3 как обеспечивающий эпидемиологическую безопасность хозяйственно-питьевой воды.

Вода может стать источником заражения человека животными паразитами — гельминтами. Лучшее средство профилактики заражения человека вредными микроорганизмами — охрана источников воды от бактериального загрязнения. Санитарная охрана водоемов, используемых для хозяйственно-питьевых целей, приобретает все большее и большее значение. Она тесно связана с одной из важнейших народнохозяйственных проблем — регулированием рек для получения электроэнергии, обводнения и орошения маловодных районов страны, улучшения и расширения водных путей сообщения.

Разностороннее использование водоемов ухудшает их санитарное состояние, влияет на условия жизни и здоровье населения, проживающего в районах расположения водоемов.

Для предотвращения бактериального загрязнения водоемов и разработки научно обоснованной системы мероприятий санитарной охраны в нашей стране проводят специальные исследования и наблюдения. Результаты гигиенических исследований водохранилищ и каналов позволили разработать и обосновать санитарное законодательство о защите водоемов. В это законодательство вошли санитарные требования к подготовке ложа водохранилищ, мероприятия по профилактике малярии, санитарные требования к спуску сточных вод, правила для плавания судов и т. д.

Проведенные исследования также позволили разработать гигиенические требования к качеству воды и рекомендации для санитарной охраны водохранилищ, каналов и зарегулированных водоемов. В основу системы мероприятий санитарной охраны водохранилищ и зарегулированных водоемов входят создание береговых защитных лесных насаждений, крепление и озеленение берегов, создание лесных насаждений на склонах и эродированных землях и др. Многие сделано для изучения эффективности агролесомелиоративных и других мероприятий, направленных на защиту водохранилищ от бактериального загрязнения и заиления, задержание и улучшение поверхностного стока до поступления его в водоемы. Для борьбы с загрязнением водоемов сточными водами применяют всевозможные очистные сооружения. К сожалению, биологической очисткой вод поверхностного стока у нас занимаются еще недостаточно. Очень мало исследований и за рубежом. Есть лишь отдельные исследования, направленные на сохранение качества воды. Роберт Ф. Таррант [по 51] подчеркивает, что по мере быстрого роста населения неизученная проблема бактериальной заселенности

рек, протекающих через облесенные водосборы, обязательно будет привлекать все большее внимание исследователей. Измерение содержания бактерий в стоковой воде с горных водосборов в штате Колорадо показало, что количество бактерий, подобных кишечной палочке, фекальной *streptococcus* и фекальных кишечнопалочковых бактерий, тесно связано с физическими параметрами реки и во многом зависит от «промывного эффекта» вод поверхностного стока и оросительных вод. Поведение всех видов бактерий характеризовалось сезонными изменениями: наиболее низкое число бактерий отмечалось при температуре 0° С и высокое — при подъеме уровня воды и максимальном стоке, а также при повышении температуры в период межени; к осени (сентябрь) число их резко падало.

Петерсен Н. Д. и Боринг Д. Р. сообщают, что плотность бактерий, подобных кишечной палочке, и серотипов *Escherichia coli* в воде двух полуизолированных рек в штате Колорадо оказалась довольно равномерной в течение большей части периода отбора проб, но выпас скота в бассейне и дренаж после орошения методом затопления резко увеличили их плотность [51].

Дж. С. Ротачер [по 51] обращает внимание на правильное ведение лесного хозяйства в интересах сохранения качества воды. Он утверждает, что можно избежать строительства дорогостоящих водоочистительных сооружений на водосборах, обеспечивающих водой крупные и малые города, если принять меры для защиты водных ресурсов. Город Портленд в штате Орегон использует воду (около 265 млн. м<sup>3</sup>) с водосбора Бул-Ран. Для предотвращения бактериального загрязнения водоемов около 10 лет назад в районе водосбора были запрещены рубки леса, прекращен доступ людей. Сейчас этот район по-прежнему закрыт для посещений. При проведении необходимых работ на водосборе соблюдают санитарные требования; отбросы вывозят за пределы водосбора. Осуществляют целый ряд других мероприятий, направленных на сохранение качества воды, поступающей в водоемы.

В нашей стране автором впервые в 1959 г. было начато изучение влияния лесных насаждений на повышение качества стоковой воды. Наряду с изучением влияния лесных насаждений на органолептические свойства и химический состав воды были изучены ее бактериологические показатели и влияние леса на них. Исследования были проведены на специальных комбинированных площадках, захватывающих часть поля и леса (Московская обл.).

По лабораторным данным, бактериологические показатели воды, поступающей в водоем с водосборной площадки и про-

шедшей через лесные полосы шириной 30 и 45 м, значительно выше, чем воды с контрольной площадки. Например, кишечных палочек в 1 л воды, прошедшей через лесную полосу, оказалось только 9, а в том же количестве воды, не прошедшей через лес,— 18. Лесная полоса вдвое сокращает количество кишечных палочек в 1 л воды, что подтверждается и показателями коли-титра<sup>1</sup>, а именно: коли-титр воды, прошедшей через лесную полосу шириной 30 и 45 м, равен 111, а воды, не прошедшей через лесную полосу,— 56, коли-индекс соответственно 9 и 18. Патогенных микробов не обнаружено.

По заключению санитарно-эпидемиологической станции, вода, поступающая со склона непосредственно в водохранилище, не проходя через лес, и имеющая коли-титр 56, а коли-индекс 18, может быть использована для питья только после обязательного кипячения.

Аналогичные исследования проведены автором в Орловской и Пензенской областях. Исследования в Орловской обл. показали, что в 1 см<sup>3</sup> воды, прошедшей через 20-метровую поперечную лесную полосу из дуба, обнаружено 30 тыс. бактерий, а в том же количестве воды, не прошедшей через лесную полосу,— 800 тыс., т. е. почти в 27 раз больше. В 1 см<sup>3</sup> воды, прошедшей через 22,5-метровую приовражно-балочную защитную лесную полосу из сосны, лиственницы, клена с жимолостью и желтой акацией, было обнаружено 60 тыс. бактерий, в то время, как в том же количестве воды, не прошедшей через защитную лесную полосу, наблюдался их сплошной рост (табл. 51).

В табл. 52 приведены данные лабораторных исследований воды, поступающей в водоем с необлесенного водосборного склона и проходящей через лесные насаждения.

Бактериологические показатели воды после прохождения 25..50-метровой полосы леса выше, чем воды, не проходящей через лес. В табл. 53 приведены бактериологические показатели воды под влиянием лесных насаждений. Исследования проведены в 1977—1978 гг. в Орловской и Воронежской областях.

Во всех случаях под влиянием лесных насаждений бактериологические показатели вод улучшаются (уменьшается количество бактерий и показатели коли-индекса, повышается коли-титр).

Результаты исследований показывают, что почти на всех водосборах лесные насаждения и луговая растительность игра-

---

<sup>1</sup> Коли-титр — наименьшее количество воды, в котором содержится одна кишечная палочка.

**51. Бактериологические показатели воды, прошедшей через различные лесные насаждения в Орловской области**

Место взятия пробы	Коли-титр	Число бактерий в 1 см <sup>3</sup>	Коли-индекс
<i>Полезацитные лесные полосы</i>			
Выше лесной полосы	0,111	800 000	9000
Ниже „ „	0,111	30 000	9000
Выше „ „	0,111	3 700 000	9000
Ниже „ „	0,111	700 000	9000
<i>Водорегулирующие лесные полосы</i>			
Выше лесной полосы	0,111	Сплошной рост	9000
Ниже „ „	0,111	„	9000
Выше „ „	0,111	10 000	9000
Ниже „ „	0,111	10 000	9000
<i>Приовражно-балочные лесные полосы</i>			
Выше лесной полосы	0,111	Сплошной рост	9000
Ниже „ „	0,111	60 000	9000

**52. Бактериологические показатели воды, прошедшей через лесные насаждения и с необлесенного склона (Пензенская обл.)**

Место взятия пробы	Коли-титр	Коли-индекс	Число бактерий в 1 см <sup>3</sup>
Пашня выше леса (контроль) в 25 м от опушки леса	0,016	166 300	13 645
После прохождения стоковой воды через 25-метровую полосу леса (6Б2Ос 1Кл 1Д, 30 лет, полнота 0,7)	0,235	12 650	8 468
То же, через 50-метровую полосу леса	0,265	2 350	7 431
После прохождения стоковой воды через 25-метровую полосу леса (5Ос2Б2Лп1Д, 30—35 лет, полнота 0,7)	0,430	2 300	6 942
То же, через 50-метровую полосу леса	0,430	2 300	5 834

### 53. Бактериологические показатели стоковой воды

Место взятия пробы	Общее количество бактерий	Коли-индекс	Коли-титр
<i>Орловская область</i>			
Выше лесной полосы	13 200	>238 000	<0,004
После прохождения воды через лесную полосу шириной 45 м сосна	Рост плесени	23 000	0,040
Выше лесной полосы	7 700	23 000	0,040
После прохождения воды через лесную полосу шириной 25,5 м (лиственница)	2 000	23 000	0,040
<i>Воронежская область</i>			
Выше лесной полосы	—	2 500	0,430
После прохождения воды через лесную полосу	—	1 700	>1,100

ют роль естественного фильтра, улучшающего бактериологические показатели воды. Е. С. Спиридонов [179] на основании исследований в Волгоградской области (район г. Камышина) установил, что в 1 л воды, поступающей в водохранилище с выгона (контрольной площади), содержится 920 кишечных палочек, а в том же количестве воды из вязового и акациевого насаждений в 10 раз меньше, из соснового насаждения в 18 раз, а из дубового (с примесью ясеня и акации) — в 23 раза меньше. На резкое улучшение качества воды, проходящей через лесные насаждения, указывают и показатели коли-титра. Основные бактериологические показатели вод, стекающих с выгона [179] следующие:

	Коли-индекс	Коли-титр
Вода, не проходящая через лесные насаждения (контроль) . . . . .	920	1,1
При выходе из соснового насаждения . . . . .	50	20,0
При выходе из насаждений дуба, ясеня и акации желтой . . . . .	40	15,0
При выходе из акациевого насаждения . . . . .	<90	>11,1
При выходе из вязового насаждения . . . . .	<90	>11,1



Стоковая вода, прошедшая через чистое сосновое насаждение шириной 50 м (возраст 50 лет, полнота 0,8), значительно улучшила свои бактериологические показатели. Коли-индекс воды, взятой на анализ выше полосы, составил 23 800, а воды, прошедшей через 50-метровую лесную полосу, лишь 9600; изменился и коли-титр (с 0,04 он повысился до 0,1).

### **III. РОЛЬ ЛЕСА В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРОВАННОГО ВОДНОГО БАЛАНСА СТРАНЫ**

Всестороннее и быстрое развитие народного хозяйства нашей страны связано с необходимостью сохранения окружающей среды. Развитие многих отраслей народного хозяйства зависит от наличия и возможности использования водных ресурсов, запасы которых ограничены и которые распространены по территории страны неравномерно. Неравномерность распределения водных ресурсов усугубляется сезонными и многолетними колебаниями стока. В связи с этим возникла необходимость перераспределения водных ресурсов во времени и пространстве. В первом случае это достигается регулированием речного стока, во втором — перераспределением стока между речными бассейнами.

Речной сток регулируют путем создания водохранилищ, как правило, в комплексе с гидроэлектростанциями, что обеспечивает высокую хозяйственную эффективность их создания и эксплуатации. Перераспределение речного стока между бассейнами позволяет из районов с излишками водных ресурсов передать значительное количество их в районы с дефицитным водохозяйственным балансом.

#### **1. ВОДОХРАНИЛИЩА — ОСНОВА РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения тесно связана с рациональным их использованием. Создание водохранилищ позволит постепенно перейти к управлению водными ресурсами в масштабе отдельных регионов, а затем и всей страны.

Создание первых водохранилищ и прудов имеет давнюю историю. Однако они не играли сколько-нибудь заметной роли в регулировании речного стока. Значение их резко возросло после Великой Отечественной войны. Под влиянием водохранилищ коренным образом преобразовался режим многих рек. На

Волге и Днепре создан каскад водохранилищ, которые характеризуются сейчас зарегулированным стоком: снизился расход воды в половодье и возрос в межень. Созданием большинства водохранилищ решается чаще всего не одна, а комплекс хозяйственных задач — выработка электроэнергии, улучшение условий судоходства, водоснабжение, орошение и др. Это Ириклинское на Урале, Ивановское на Волге, Можайское на Москве, Андижанское на Карадарье, Чардарьинское на Сырдарье, Крапивенское на Томи, Череповецкое на Шексне и др. Лишь некоторые из них, главным образом высокогорные, используют только для энергетических целей. Много водохранилищ создано в Средней Азии, Казахстане, Закавказье, на Северном Кавказе и других районах страны для орошения и обводнения земель. В интересах водного транспорта созданы водохранилища Волго-Донского канала имени В. И. Ленина (Карповское, Варваровское, Переславское), канала им. Москвы (Клязьминское, Пестовское, Химкинское и др.), Беломорско-Балтийского канала (Выгозерское и др.). Много небольших водохранилищ создано для водоснабжения, охлаждения подогретых вод и т. д. Значительное число водохранилищ создано на небольших реках при строительстве ГЭС и мельниц, а также для обеспечения водой тепловых электростанций.

Исключительно велико рекреационное значение водохранилищ. В них содержится около 5 тыс. км<sup>3</sup> воды — в 4 раза больше, чем одновременно во всех руслах рек. По данным А. Б. Аракяна и В. А. Шарапова [2] на 1 января 1976 г. в СССР эксплуатировалось около 250 водохранилищ вместимостью свыше 50 млн. м<sup>3</sup> воды каждое (табл. 54). Половина из них, в том числе все самые крупные, созданы плотинами гидроэлектростанции. Полный объем этих водохранилищ составил 999 км<sup>3</sup>, полезный — 467 км<sup>3</sup>, площадь зеркала воды — около 122 тыс. км<sup>2</sup>.

На водохранилища гидроэлектростанций приходится 97% полного и 96% полезного объема, а также 95% площади водного зеркала. В нашей стране преобладают равнинные водохранилища. По площади водного зеркала из существующих водохранилищ наибольшие — озера-водохранилища Байкальское (Иркутское) на Ангаре и Онежское (Верхнесвирское) на Свири. Длина некоторых из них достигает сотни километров. Так, длина Куйбышевского водохранилища около 650 км, Братского — свыше 560 км, Волгоградского — около 540 км, Горьковского и Вилюйского — около 450 км, Цимлянского, Воткинского, Красноярского, Бухтарминского — свыше 350 км.

54. Основные показатели эксплуатируемых водохранилищ СССР объемом более 50 млн. м<sup>3</sup> [2]

Экономические районы	Число водохранилищ	Объем, км <sup>3</sup> воды		Площадь зеркала воды, км <sup>2</sup>	
		полный	полезный	всего	в том числе озер до подпора
Северо-Западный	49	97,4	54,2	23 758	17 860
Центральный, Волго-Вятский и Центрально-Черноземный	26	40,3	23,6	7 608	376
Поволжский	12	104,3	46,1	11 713	—
Северо-Кавказский	21	36,1	18,7	5 165	522
Уральский	21	28,5	17,7	3 920	126
Западно-Сибирский	5	9,4	4,8	1 283	199
Восточно-Сибирский	6	373,4	145,2	43 881	32 380
Дальневосточный	2	104,3	49,9	4 589	—
Прибалтийский и Белорусская ССР	11	2,8	1,0	488	209
Украинская ССР и Молдавская ССР	18	46,4	20,4	7 497	71
Закавказский	16	19,7	10,8	936	126
Казахстанский	28	90,2	46,9	9 290	1 823
Среднеазиатский	33	46,2	28,5	1 851	—
<b>Всего</b>	<b>248</b>	<b>999,0</b>	<b>467,0</b>	<b>121 979</b>	<b>53 546</b>

Ширина водохранилищ значительно колеблется и достигает 60 км у Рыбинского водохранилища; у Цимлянского и Бухтарминского — 35...40 км, у Куйбышевского, Камского, Братского, Кременчугского, Нарвского, Шекснинского — 20...35 км. Самые глубокие водохранилища — Братское, Красноярское, Нурекское, Чарвакское.

Водоохранилища характеризуются очень высокой амплитудой уровня в течение года, связанной с их эксплуатацией. На Куйбышевском, Камском и Цимлянском водохранилищах она составляет 6...8 м, Красноярском — 18, Ингурском — около

55. Распределение водохранилищ объемом более 100 млн. м<sup>3</sup> по речным бассейнам

Бассейны рек	Существующие водохранилища					Подготавливаемые водохранилища				
	Число	Полный объем, км <sup>3</sup>	Полезный объем, км <sup>3</sup>	Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	В том числе озер до подпора, км <sup>2</sup>	Число	Полный объем, км <sup>3</sup>	Полезный объем, км <sup>3</sup>	Площадь водного зеркала, км <sup>2</sup>	В том числе озер до подпора, км <sup>2</sup>
<i>Бассейн Баренцева моря</i>										
Тулумский	2	11,91	3,90	783	79	—	—	—	—	—
Нивский	2	14,20	3,20	1 107	972	—	—	—	—	—
Ковдинский	3	18,85	11,16	2 814	2 079	—	—	—	—	—
Нижневыгский	5	12,11	5,62	2 402	1 538	—	—	—	—	—
Прочие	6	6,24	3,28	1 445	811	2	4,38	1,64	756	430
Итого	18	63,31	27,16	8 551	5 479	2	4,38	1,64	756	430
<i>Бассейн Балтийского моря</i>										
Невский	12	26,96	25,08	13 213	11 255	—	—	—	—	—
Даугавский	4	1,21	0,26	147	45	—	—	—	—	—
Прочие	4	1,75	0,65	348	12	—	—	—	—	—
Итого	20	29,92	25,99	13 708	11 312	—	—	—	—	—
<i>Бассейн Черного и Азовского морей</i>										
Днестровский	2	0,58	0,30	95	27	1	3,00	2,00	150	—
Днепровский	8	44,27	18,77	7 057	—	—	—	—	—	—
Донской	9	28,56	13,69	4 207	344	—	—	—	—	—

Кубанский	9	4,76	3,86	697	121	—	—	—	—	—
Прочие	2	0,30	0,14	29	—	2	2,60	1,35	98	—
<b>Итого</b>	<b>30</b>	<b>78,47</b>	<b>36,76</b>	<b>12 085</b>	<b>492</b>	<b>3</b>	<b>5,60</b>	<b>3,35</b>	<b>248</b>	<b>—</b>
<i>Бассейн Каспийского моря</i>										
Волжский	32	171,99	84,20	23 776	1 454	5	28,31	11,20	4968	—
В том числе Камский	9	24,31	14,76	3 329	—	2	13,05	4,50	2582	—
Уральский	3	4,05	2,80	369	—	—	—	—	—	—
Сулакский	2	2,89	1,33	50	—	—	—	—	—	—
Куринский	8	18,61	9,52	844	25	6	4,29	2,78	167	—
Прочие	7	1,88	1,09	631	58	—	—	—	—	—
<b>Итого</b>	<b>52</b>	<b>199,42</b>	<b>98,94</b>	<b>25 670</b>	<b>1 537</b>	<b>11</b>	<b>32,60</b>	<b>13,98</b>	<b>5135</b>	<b>—</b>
<i>Бассейн бессточных озер Средней Азии и Казахстана</i>										
Амударьинский	9	14,58	7,38	452	—	1	7,34	5,00	780	—
Сырдарьинский	9	32,83	23,54	1 941	—	2	2,10	1,61	79	—
Прочие	22	34,65	12,42	2 759	180	—	—	—	—	—
<b>Итого</b>	<b>40</b>	<b>82,06</b>	<b>43,34</b>	<b>5 152</b>	<b>180</b>	<b>3</b>	<b>9,44</b>	<b>6,61</b>	<b>859</b>	<b>—</b>
<i>Бассейн Северного Ледовитого океана</i>										
Обский	12	63,51	38,74	7 318	1 895	1	11,70	6,70	670	—
В том числе Иртышский	2	50,27	30,98	5 527	1 783	—	—	—	—	—
Енисейский	5	373,17	145,12	43 870	32 380	2	42,53	24,77	1380	50
В том числе Ангарский	3	27,35	97,42	40 309	31 500	—	—	—	—	—
Ленский	2	36,08	17,94	2 181	—	—	—	—	—	—
Колымский	—	—	—	—	—	1	14,56	6,51	446	—
<b>Итого</b>	<b>19</b>	<b>472,76</b>	<b>201,80</b>	<b>53 369</b>	<b>34 275</b>	<b>4</b>	<b>68,79</b>	<b>37,98</b>	<b>2496</b>	<b>—</b>
<i>Бассейн Тихого океана</i>										
Амурский	1	68,42	32,12	2 419	—	—	—	—	—	—
<b>Всего по СССР</b>	<b>180</b>	<b>994,37</b>	<b>466,11</b>	<b>120 954</b>	<b>53 275</b>	<b>23</b>	<b>120,81</b>	<b>63,56</b>	<b>9503</b>	<b>480</b>

80 м. Площадь зеркала воды Куйбышевского, Ириклинского, Рыбинского и Павловского водохранилищ при снижении уровня уменьшается почти в 2 раза, Цимлянского, Новосибирского, Горьковского, Волгоградского, Токтогульского, Киевского и др. — на 25...35%, Камского, Ингурского, Угличского и некоторых других — в 3 раза; Можайского и Иваньковского — примерно в 4...6 раз и т. д. [2].

Распределение площади водного зеркала, площади подпорных озер и других показателей существующих и подготавливаемых водохранилищ объемом более 100 млн. м<sup>3</sup> по бассейнам морей и рек приведено в табл. 55. Около  $\frac{1}{4}$  полного и полезного объема и более  $\frac{1}{3}$  площади водного зеркала водохранилищ приходится на три крупных речных бассейна (Волжский, Днепровский и Невский); на бассейны Оби и Енисея приходится 44% полного, 33% полезного объема и 42% площади зеркала. В бассейнах аридной зоны (Амударья, Сырдарья, Куры, Или, частично Иртыша и его притоков) сосредоточено около 15% полного, 20% полезного объема и около 10% площади водного зеркала водохранилищ. Комплексное использование водных ресурсов и создание крупных водохранилищ позволили в ряде районов страны устранить угрозу наводнений, рационально использовать водные ресурсы для нужд энергетики, мелиорации земель, речного транспорта, а также удовлетворить потребности населения и промышленности в воде, повысить ее качество.

Важную роль в преобразовании водного баланса играют пруды. Их примерно раз в 100 больше, чем водохранилищ. Общее количество прудов в Советском Союзе приближается к 150 тыс. В основном это небольшие водоемы, площадь зеркала которых измеряется гектарами. Очень много прудов на территории лесостепного и степного юга европейской части страны. Пруды используют для орошения, разведения рыбы и водоплавающей птицы, для бытовых нужд и организации мест отдыха населения.

Дальнейшее строительство водохранилищ, особенно в европейской части страны, по-видимому, будет ограничено прежде всего из-за того, что водные ресурсы здесь ограничены. Кроме того, очень часто под водохранилища изымают значительные площади лучших сельскохозяйственных земель. Изыскивают другие возможности регулировать водообеспечение и, в частности, по системе «поверхностные воды — подземные воды», заключающиеся в сборе и хранении поверхностных вод в подземных коллекторах, которые могут быть использованы в межливневный период. Такой способ регулирования позволит избежать затопления сельскохозяйственных земель, обеспечить вы-

сокое качество воды и исключить возможность ее загрязнения поверхностным стоком. В этом направлении ведутся комплексные научно-исследовательские работы специалистами целого ряда отраслей народного хозяйства страны.

Важное направление регулирования водного баланса страны — перераспределение речного стока между водосборными бассейнами. Работы по территориальному перераспределению водных ресурсов были начаты в нашей стране еще в довоенный период. Однако особенно большой размах они приобрели теперь. Осуществлено строительство каналов в различных районах страны; обеспечены водой важнейшие промышленные районы юга европейской части СССР. Большое значение имеет строительство Северо-Крымского, главного Туркменского, Терско-Кумского, Каракумского, Каршинского, Большого Ферганского оросительно-обводнительных каналов. Действующими комплексными и отраслевыми каналами страны перераспределяется более 40 км<sup>3</sup> воды в год. Велико значение каналов и водохранилищ в улучшении водного транспорта.

Особое место в проблеме регулирования стока рек и бесперебойного обеспечения населения водой занимают специальные водоемы с системой каналов. В нашей стране построены уникальные каналы, являющиеся источниками водоснабжения (табл. 56). В большинстве случаев они решают целый комплекс народнохозяйственных задач: водоснабжения, ирригации, водного транспорта, обводнения и энергетики.

#### 56. Основные показатели водоснабженческих каналов

Каналы	Год ввода в эксплуатацию	Протяженность, км	Ширина по дну, м
Им. Москвы	1937	128,0	46
Северский Донец — Донбасс	1959	131,6	1,5 . . . 18
Днепр — Кривой Рог	1962	146,6	4
Волга — Увель	1966	73	2
Иртыш — Караганда	1970	455	4
Ока — Москва	1975	100	4

Строительство каналов и их эксплуатация зависят от строительства водохранилищ. Так, создание Волго-Донского канала стало возможным лишь в комплексе со строительством Цимлянского гидроузла, а создание Волго-Балтийского водного пути

было бы невозможно без комплексных гидроузлов на Волге, Шексне и Свири.

Канал имени Москвы — уникальный водохозяйственный комплекс по техническому уровню, пропускной способности и числу одновременно выполняемых функций (по обеспечению столицы водой, соединению Москвы с Волгой, по энергетике и созданию зон отдыха). Опыт его строительства и эксплуатации впоследствии использовали при строительстве каналов Волго-Дон, Северский Донец — Донбасс и др. Насосные станции почти на 40 м подняли волжскую воду, которая образовала Акуловское (Учинское), Икшинское, Клязьминское, Пестовское, Пяловское, Химкинское и другие водохранилища. Заслуживает внимания Вазузская гидротехническая система, состоящая из шести водохранилищ. Вазузская вода проходит путь 300 км: 23 км по каналам (Гжать — Яуза, Яуза — Руза), 97 км по водохранилищам и 180 км по руслам рек.

Несоблюдение требований охраны и необходимого режима работы каналов приводило к серьезным затруднениям в эксплуатации и к ухудшению качества воды. Примером может служить канал Северский Донец — Донбасс, где в первые годы его эксплуатации интенсивно развивались водоросли, приводившие к появлению в воде неприятных запахов и привкусов. Появление нежелательных запахов было отмечено и в канале Волга — Уводь. Сильное загрязнение в результате неорганизованного водопользования, а также попадания сточных вод отмечалось также в Невинномысском канале. Это показывает, что, кроме надежности и экономичности строительства каналов, очень важно обеспечивать в них правильные гидрохимический и гидробиологический режимы.

Создание водохранилищ оказывает большое влияние на экономику и хозяйство прилегающих районов. Крупные водохранилища улучшают качество речной воды и выравнивают сезонный сток. Накапливая половодный сток, водохранилища обеспечивают круглогодичное снабжение водой городов и промышленных предприятий, уменьшают мутность, цветность, запах, окисляемость и бактериологическую загрязненность воды. Водоохранилищам принадлежит важная, а иногда и решающая роль в борьбе с наводнениями. Например, Зейское водохранилище, созданное на р. Зее, поможет предотвратить наиболее разрушительные наводнения. Большую роль в предотвращении разрушительных наводнений и ликвидации очагов малярии в нижнем течении Куры сыграло Мингечаурское водохранилище. Создание Каунасского водохранилища на р. Неман снизило уровень наводнений в Каунасе. Значительно



уменьшилась угроза наводнений в районе Орска и Новотроицка с созданием Ириклинского водохранилища.

Наряду с ГЭС, ТЭС и различными отраслями водного хозяйства требования к качеству воды в водохранилищах предъявляют гидроаккумулирующие станции (ГАЭС), строительство которых широко развернулось после второй мировой войны. Вместе с тем создание водохранилищ вызывает в природных условиях прилегающей территории большие изменения и приводит к возникновению или усилению ряда неблагоприятных явлений. Прежде всего оно связано с затоплением и подтоплением огромных территорий. Часто затопляются ценные угодья (пашня, сенокос, лес), месторождения полезных ископаемых и минеральные источники. В зону затопления нередко попадают населенные пункты, промышленные и другие предприятия.

В пределах зоны затопления большие площади занимают мелководья (с глубиной менее 2 м), не имеющие существенного значения для работы гидроэлектростанций и почти не используемые. Зарастающие водной растительностью, хорошо прогреваемые мелководья становятся очагами развития личинок малярийного комара.

Большие изменения в районах расположения водохранилищ вызывает подъем уровня грунтовых вод. Быстрее уровень грунтовых вод повышается в сильнотрещиноватых скальных породах, галечниках и крупнозернистых песках, медленнее — в суглинках и глинах. Так, за первые 6 лет с момента заполнения Каховского водохранилища подпор в суглинках распространился на 0,5...0,6 км, в песках и супесях — на 2,5 и в трещиноватых известняках коренного берега — на 18...20 км. Фактический подъем уровня грунтовых вод в суглинках в 100 м от уреза водохранилища составил 88 % от расчетного конечного подъема, в 200 м — 65, в песках и супесях в 100 м — 96, в 400 м — 86 и 1000 м — 65% [173].

На камских водохранилищах подпор распространился в аллювиальных отложениях на расстояние до 4...6 км, в верхнепермских красноцветах до 0,3...0,5, трещиноватых песчаниках до 0,8...1,5, в карстовых породах до 2...3 км [99]. Неблагоприятное следствие подпора грунтовых вод — подтопление и засоление. По оценке С. Л. Вендрова, общая площадь земель, подтопленных водохранилищами Волжского, Днепровского, Камского и Свирского каскадов, а также Волховским водохранилищем, составляет 75 тыс. га [28]. На берегах Волгоград-

ского, Куйбышевского, Горьковского и Рыбинского водохранилищ подтоплено 26...36 тыс. га [169].

Общая площадь подтопленных земель на побережье Куйбышевского водохранилища составила около 15 тыс. га. В районе Чебоксарского водохранилища она превышает 17 тыс. га. В табл. 57 приведены площади подтопляемых сельскохозяйственных земель по ряду водохранилищ [2].

57. Площадь подтопления сельскохозяйственных земель [2]

Водохранилища	Площадь, тыс. га		
	пашен	сенокосов	выгонов и пастбищ
Куйбышевское	9,00	7,50	4,00
Волгоградское	5,00	8,50	7,00
Ириклинское	0,60	0,40	1,00
Нижекамское	2,40	3,80	1,40
Рижское	0,23	0,04	0,03

Полностью непригодными для сельскохозяйственного производства становятся 25...30% подтопленных земель.

В лесной зоне создание водохранилищ, помимо безвозвратной потери затопляемой лесной площади, приводит к потере прироста и частичному усыханию древостоев в зоне подтопления. Подпор грунтовых вод вызывает увеличение веса грунтов, снижает их прочность, способствует образованию оползней, приводит к просадке грунтов, образованию трещин и провалов. Такие явления наблюдались на Дубоссарском, Каховском, Кременчугском, Цимлянском и других водохранилищах. Микропросадки образуются главным образом в непосредственной близости от берегового обрыва. К числу неблагоприятных факторов, возникающих при создании крупных водоемов, относится абразия — разрушение берегов под воздействием волн, высота которых может достигать 1,5...2 и даже 3 м. Такие волны могут разрушать берега на глубину 300...500 м и более. Некоторые участки Каховского водохранилища за первые 5 лет разрушились на глубину 200...250 м. В результате размыва одних участков и перекрытия устьев заливов косами-пересыпями береговая линия водохранилищ становится более короткой. Так, протяженность береговой линии Куйбышевского водохранилища за 1959—1963 гг. сократилась с 2500 до 2100 км. Абразия

ному воздействию подвергаются значительные участки береговой линии. В таб. 58 приведены данные о протяженности абразионных берегов некоторых крупнейших водохранилищ.

58. Протяженность абразионных берегов в общей протяженности береговой линии крупнейших водохранилищ СССР [2]

Водохранилища	Протяженность береговой линии, км	Протяженность абразионных берегов	
		км	% общей протяженности
Рыбинское	1 650	152	9
Горьковское (озерная часть)	415	166	40
Куйбышевское	2 100	1400	67
Всего по волжским водохранилищам	11 525	3070	27
Камское	1 340	421	31
Воткинское	970	400	42
Всего по камским водохранилищам	2 310	821	35
Каховское	550	470	85
Всего по днепровским водохранилищам	3 200	940	29
Цимлянское	660	480	70
Мингечаурское	260	130	50
Усть-Каменогорское	240	210	87
Бухтарминское	2 000	1500	75
Новосибирское	600	320	53
Красноярское	1 557	1144	73
Хантайское	968	600	62
Байкальское (Иркутское)	2 583	1951	76
Братское	6 000	2473	41
Вилуйское	2 755	2100	76

На участках, где продукты абразионной деятельности уносятся течениями вдоль берега, скорость и размеры разрушения берега значительно возрастают. Абразия приносит большой вред как самим водохранилищам путем их заиления и загрязнения, так и прилегающим к ним территориям, выводя из строя большие площади ценных сельскохозяйственных земель. Общие потери земель в результате разрушения берегов Цим-

лянского водохранилища за первые 12 лет составили около 5 тыс. га; на Куйбышевском водохранилище за 8 лет потеряно 3,45 тыс. га. На участке от плотины до устья Камы на 1 км абразионного берега в среднем было размыто 1,8 га. По Волжско-Камскому, Днепровскому и Свирскому каскадам в результате абразии потеряно 25 тыс. га [28, 29]. Берега Каховского водохранилища за 5 лет отступили в зависимости от типов берегов на расстояние до 132 м, Камского за такой же срок — более чем на 70 м [158].

Велики потери сельскохозяйственных земель вследствие образования островов, использование которых невозможно. Они интенсивно размываются и в значительной степени разрушаются, что способствует заилению водоемов, образованию отмелей.

Многие неблагоприятные последствия создания водохранилищ неизбежны. К ним относятся безвозвратная потеря сельскохозяйственных земель и лесных массивов, затопленных на глубину свыше 2 м. Однако при разумном подходе к решению этого вопроса можно добиться значительного сокращения потерь и сохранения ценнейших земель. Ущерб, связанный с другими неблагоприятными факторами при создании водохранилищ, может быть резко снижен путем освоения мелководий, рыборазведения, защиты земель от подтопления и т. д.

Ряд отрицательных явлений, возникающих в зоне водохранилищ и каналов, можно ослабить, а некоторые полностью исключить, применяя комплекс организационно-хозяйственных луго-, агролесомелниоративных, гидротехнических и других мероприятий. Ведущая роль в этом комплексе принадлежит лесным насаждениям.

## **2. ЛЕС И ЕГО РОЛЬ В ЗАЩИТЕ ВОДОХРАНИЛИЩ И КАНАЛОВ**

Лесные насаждения в бассейнах водных артерий надежно защищают водоемы от заиления и загрязнения сточными водами, продуктами эрозии и т. д., стабилизируют их берега, поэтому завершающим этапом строительства водохранилищ и каналов должно быть облесение и озеленение их берегов. В СССР накоплен значительный опыт в создании защитных лесных полос и других насаждений по берегам водохранилищ и каналов. Таких насаждений создано уже около 100 тыс. га. Созданы насаждения на берегах Каховского (8,6 тыс. га), Днепродзержинского (8,5 тыс. га), Кременчугского (5,4 тыс. га), Куйбышевского (5,1 тыс. га) и других водохранилищ. Около 11 тыс. га защитных лесных насаждений заложено на берегах Волго-

градского водохранилища. Значительные объемы этих работ выполнены по берегам Цимлянского (3,8 тыс. га), Днепровского (6,8 тыс. га), Горьковского и других водохранилищ. Только по берегам водохранилищ Волго-Днепровского каскада заложено более 60 тыс. га водоохранно-защитных лесных насаждений. Закончено облесение берегов в районе Штеровского, Истринского, Учинского, Можайского и других водохранилищ специального назначения. Завершено облесение каналов им. Москвы, Волго-Донского имени В. И. Ленина и др.; в значительных объемах эти работы выполнены по берегам канала Днепр — Кривой Рог, Южно-Украинскому, Верхне-Карабахскому и другим каналам. Продолжается облесение берегов многих других водохранилищ и каналов.

Защитные насаждения повсеместно снизили или прекратили рост береговых оврагов, через которые в водохранилища поступала основная масса твердого стока. В Нижне-Чирском лесхозе Волгоградской области балка «Грушевая» протяженностью 7 км, средней шириной 300 м и глубиной 30...40 м, имеющая береговые овраги разной величины, после облесения прекратила свой рост. В Чистопольском лесничестве Камского ЛПХ Татарской АССР насаждения, созданные на сильноэродированных склонах с многочисленными оврагами на площади 113 га и в Лапшевском лесхозе этой же республики — на площади 75 га почти полностью задержали вынос твердого стока в водохранилище.

Противоэрозионные насаждения успешно предохраняют берега от разрушения волнами. На протяжении 1 км незащищенного берега Цимлянского водохранилища в период с 20 мая по 30 июля 1968 г. в водоем обрушилось около 6000 м<sup>3</sup> грунта [199], а берег, защищенный насаждениями, разрушению не подвергался.

Аналогичная картина наблюдалась и на других водохранилищах. Особенно велика роль лесных насаждений в защите водохранилищ и других водоемов, предназначенных для обеспечения населения питьевой водой. Многолетний опыт создания и эксплуатации подобных насаждений показал их высокую эффективность в повышении качества воды, поступающей с водосборных склонов в водоемы. Создав лесные насаждения, удалось повысить прозрачность, уменьшить мутность воды, предотвратить ее неприятный запах, резко сократить содержание в ней аммиака и других элементов.

Защитные лесные насаждения создают благоприятные условия для получения с прилегающих полей более высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, что полно-

стью отвечает решениям XXV съезда КПСС и июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС о создании гарантированного производства зерна. По данным колхоза «Заря» Сурувикинского района Волгоградской области (Цимлянское водохранилище), урожайность зерновых культур на таких полях повысилась на 2,1 ц/га. Защитные насаждения позволили увеличить объем заготовки лесных семян древесных и кустарниковых пород. Для постоянного сбора семян с лучшими селекционными качествами закладывают лесосеменные участки (в Красноармейском и Золотовском районах Саратовской области их заложено на площади 16 га). Только по Саратовской области в защитных насаждениях по берегам Волгоградского водохранилища ежегодный сбор желудей достиг 30...40 т, семян акации белой 200...250 кг, смородины золотистой 50...60 кг, бузины красной 100 кг и т. д.

Защитные насаждения позволили увеличить площадь побочного пользования для заготовки населением грибов, ягод, лекарственных растений. В созданных насаждениях встречаются дикие животные, появилось много птиц, в защитных насаждениях по берегам Цимлянского водохранилища успешно размножаются фазаны (Нижне-Чирский лесхоз).

Благодаря облесению берегов водохранилищ на ранее непродуктивных и малопродуктивных землях созданы полноценные лесные насаждения, которые изменили облик прилегающих районов, улучшили эстетический вид берегов. Только по берегам Волгоградского водохранилища в Саратовской области в продуцирующую площадь переведено эродированных земель более 12 тыс. га.

Многолетними исследованиями УкрНИИЛХА и Союзгипролесхоза установлена защитная роль древесной, особенно кустарниковой, растительности в различных почвенно-климатических зонах страны. Разрушение берегов замедляется скрепляющим действием ее корневых систем. На Горьковском водохранилище противобразонные кустарниковые насаждения (полосы) надежно защищают берега и откосы защитных дамб и плотин. На берегах Каховского, Кременчугского и Днепровского водохранилищ эффективны волноломные посадки, созданные по рекомендациям Ю. П. Бялловича [26].

Исследования П. Ф. Химины [199] в районе Цимлянского водохранилища показали, что волноломные созданные на пляже вдоль берега лесные насаждения шириной 24 м с размещением растений 1,5×1 м предотвращают обрушение берегов и ослабляют энергию волн (табл. 59).

### 59. Трансформация волн, проходящих через волноломные насаждения

Румб ветра	Высота волны, см				Гашение волн, раз	Румб ветра	Высота волны, см				Гашение волн, раз
	у мористой опушки	12 м от опушки	на выходе из насаждений	у берега			у мористой опушки	12 м от опушки	на выходе из насаждений	у берега	
ССВ	48,8	16,0	9,4	8,1	6,0	Ю	15,5	13,0	7,6	5,0	3,1
СВ	40,0	30,0	23,0	17,0	2,4	ЮЮЗ	18,6	6,4	—	8,2	2,3
ВСВ	48,0	28,6	21,4	14,0	3,4	ЮЗ	26,2	—	—	9,1	2,9
Ю ЮВ	21,6	15,4	10,6	7,0	3,1	З	22,1	—	—	8,3	2,7

Волны, прошедшие через волноломные насаждения, уменьшаются в 2...6 раз, и чем они выше, тем сильнее гасятся в насаждении. Давление волны на единицу площади защищенного берега уменьшается в 15 раз по сравнению с ее давлением на единицу площади открытого берега; на защищенном насаждениями участке грунт не обрушивался, в то время как на незащищенном было интенсивным обрушение берега; с незащищенного лесом 350-метрового прибрежного склона с уклоном 3° в водохранилище поступал сток, в 1 л которого содержалось 2,5 г мелкозема; после прохождения поверхностного стока через насаждения в 1 л его содержалось только 0,06 г твердых частиц (табл. 60).

### 60. Влияние насаждений на изменение мутности весеннего стока (государственная защитная лесная полоса Воронеж — Ростов-на-Дону) [159]

Год наблюдений	Мутность стока, г/л				Год наблюдений	Мутность стока, г/л			
	на безлесном склоне	у опушки полосы	в центре полосы	у выхода из полосы		на безлесном склоне	у опушки полосы	в центре полосы	у выхода из полосы
1966	2,8	0,80	0,10	0,08	1969	1,9	1,90	0,02	0,02
1967	3,0	0,62	0,12	0,08	1970	Стока не было			
1968	2,2	0,20	0,08	0,08	Среднее	2,5	0,88	0,08	0,06

Аналогичные данные были получены при изучении влияния лесных насаждений (гослесополосы Саратов — Астрахань) на

очищение талых вод от частиц почвы. Лесные насаждения, состоящие в основном из дуба черешчатого, почти полностью задерживают наносы, поступающие с полевых водосборных склонов с талыми водами. Если перед поступлением воды в снежный шлейф, образовавшийся перед лесной полосой, мутность была 11,8 г/л, то на 8-метровом участке снежного шлейфа она уменьшалась до 0,8 г/л; полностью талые воды очищались от наносов, пройдя 10...12 м снежного шлейфа в глубь лесной полосы. Замечено, что наносы, поступающие с мелкоструйчатым склоновым стоком, обычно откладываются вдоль опушки полосы; иногда они проникали в лесную полосу на расстояние до 20 м.

Большую водоохранно-защитную роль играют волноломные насаждения, созданные по берегам Кременчугского и Днепродзержинского водохранилищ. Закладывали их как до заполнения водохранилищ (за 2...3 года), так и после заполнения их до нормального подпорного уровня (НПУ). На площади около 90 га с протяженностью береговой линии более 40 км 15...30-метровой ширины волноломные лесные насаждения были созданы до заполнения водохранилищ. Верхняя граница насаждений проходила по отметке плюс 0,3...0,5 м по отношению к НПУ, нижняя — минус 1,0...2,5 м. Посадку осуществляли механизированным способом, используя лесопосадочные машины. Размещали насаждения параллельно горизонталям защищаемого откоса. На сравнительно пологих береговых откосах нижние ряды закладывали из ивы миндальной с размещением растений на расстоянии 1,0×0,5 м, верхние — из ив белой и ломкой — на расстоянии 1,5×0,5...0,7 м. На береговых откосах с уклонами 0,05...0,12° волноломные посадки создавали из ивы миндальной. Под защитой противоабразионных насаждений появились и успешно произрастают тростник, камыш озерный и другая растительность. Созданные насаждения надежно защищают берега водохранилищ. Волноломные насаждения 10...15-метровой ширины в урочище Цыбульниковском предохранили берега от разрушения главным образом путем гашения энергии волн. Энергия волн, прошедших через волноломы, уменьшается в 5...7 раз. В местах, где растет камыш озерный, они гасятся почти полностью.

Наблюдения показали, что наиболее эффективны волноломные насаждения, созданные из древесных и кустарниковых ив за несколько лет до заполнения водохранилищ, те, ширина которых 30...40 м (не менее 15...20 м) и которые имеют хорошо развитую и густо растущую надземную часть. На более крутых абразионных берегах к созданию берегозащитных лес-



ных насаждений приступали в первую очередь с закладки верхних береговых полос. Волноломные насаждения создавали после периода наиболее интенсивного разрушения береговых склонов по мере формирования относительно пологих и достаточно устойчивых подводных откосов путем закладки: а) поперечно-береговых бун из ивы белой, размещения их через каждые 30...50 м вдоль берега, заборчиков из ивы белой и береговых посадок ивы белой, камыша озерного и тростника; б) поперечно-береговых бун из ивы белой, продольно-береговых живых заборчиков между бунами, каменно-ивовых рефракторов в виде колец и вдоль берегового пояса из камыша озерного; в) насаждений из ивы белой под защитой специально отсыпаемых вдоль берегов каменных валов (только на участках, требующих быстрого закрепления берегов).

Более 5 тыс. га защитных насаждений создано на берегах Куйбышевского водохранилища. Наибольшее распространение здесь получили сосновые, лиственнично-дубовые, дубово-березовые и березово-вязовые культуры. Закладывали преимущественно верхние береговые насаждения, в меньшей степени — средние береговые и насаждения на подтопляемых и абразионных берегах. Деревья сажали, как правило, механизированным способом на сплошь подготовленной по системе черного пара почве. На склонах крутизной до 30° борозды нарезают на расстоянии 2...3 м друг от друга. На участках крутизной более 30° — вручную устраивали террасы-площадки размером чаще всего 2×0,5 м. Необходимый уход (прополку и рыхление почвы) проводили до смыкания крон. Показатели роста и развития созданных лесных насаждений в условиях лесной и лесостепной зон хорошие. В Чувашской и Татарской АССР высота насаждений лиственницы, березы и сосны в возрасте 15...18 лет достигает 10 м и более, дуба — 6 м. В Ульяновской и Куйбышевской областях средняя высота насаждений сосны в возрасте 15...19 лет — 6...8 м, средний диаметр 8...10 см, ежегодный прирост в высоту составляет 0,4...0,5 м; средняя высота насаждений березы в этом же возрасте 10...12 м, средний диаметр 10...14 см.

В тяжелых лесорастительных условиях степной и сухостепной зон Саратовской и Волгоградской областей по берегам Волгоградского водохранилища защитные насаждения созданы на площади около 11 тыс. га. Состояние их удовлетворительное. Более 6,7 тыс. га насаждений находится в пределах Волгоградской области. Кроме того, в зоне водохранилища учтено около 500 га порослевых насаждений (1973—1977 гг.). Преобладают насаждения с сосной обыкновенной, вязом перистовет-

вистым, дубом черешчатым и ясенем зеленым; площадь их 5917,7 га, или 81,9% всей площади лесных культур. Насаждения порослевого происхождения представлены в основном вязом перистоветвистым. В результате обследований и исследований насаждений выявлено более 20 разных схем смешения древесных и кустарниковых пород. На значительной площади главные и сопутствующие древесные породы находятся в смешении с кустарниками, причем в самых различных сочетаниях.

Основная часть насаждений по левому берегу водохранилища создана кулисным способом (кулисы сосны чередуются с кулисами вяза перистоветвистого). В состав защитных насаждений вводили сосну обыкновенную и крымскую, дуб черешчатый, вязы перистоветвистый и обыкновенный, ясени зеленый и обыкновенный, клен ясенелистный, акацию белую, тополя (черный, белый, канадский), вишню магалебскую, клен татарский, смородину золотистую, скумпию, иргу и др. Лучшим ростом, развитием и состоянием характеризуются насаждения с главной породой дубом на лугово-каштановых почвах. В этих условиях дуб в возрасте 15 лет достигает высоты 4,5...5 м и диаметра 5...8 см. Несколькими ниже эти показатели у дуба на темно-каштановых маломощных, размытых и щебенистых почвах; высота дуба в возрасте 15 лет не превышает 3,5...4,0 м, диаметр — 4...6 см.

Анализ роста и состояния дуба в чистых и смешанных насаждениях показал, что он лучше растет в смешении с ясенем зеленым при участии кустарников. В чистых насаждениях дуб достаточно устойчив, но рост его несколько хуже. Нежелательные спутники для дуба — вяз перистоветвистый и акация желтая; в смешении с этими породами он находится в угнетенном состоянии.

На почвах легкого механического состава достаточно устойчивой породой показала себя сосна обыкновенная. В возрасте 10...15 лет она достигает высоты 5...8 м, диаметра 7...12 см. Довольно распространены в культурах ясени зеленый и вяз перистоветвистый.

Кроме береговых защитных насаждений, для предохранения Волгоградского водохранилища от заиления создают противозерозионные насаждения в виде приовражных и прибалочных полос, облесяют отдельные участки водосборов, откосов оврагов и балок. Все насаждения создают с учетом почвенно-климатических и лесорастительных условий из наиболее устойчивых и мелиоративно ценных древесных и кустарниковых пород. Почву готовят по системе одно-двухгодичного пара, глубину

обработки доводят до 50...70 см, а при обороте пласта до 30...35 см.

Применение передовой агротехники при создании защитных насаждений обеспечило высокую приживаемость лесных культур. На территории Дубовского мехлесхоза под руководством Л. И. Расторгуева [по 65] на больших площадях были закреплены прибрежные склоны путем обвалования с лесосадовым использованием обвалованной площади. Сущность этого способа заключается в создании водозадерживающих валов высотой 120...150 см на расстоянии 50...80 м один от другого на прибрежном склоне. Эта высота валов при таком размещении на склоне крутизной до 6° позволяет задержать весь поверхностный сток, который формировался на обвалованной площади, а это в свою очередь предотвращает смыв и размыв почвогрунтов на склонах, расположенных ниже обвалованных площадей, и вынос продуктов твердого стока в водохранилище. В результате создания валов и задержания воды около них изменяется и характер увлажнения обвалованной площади. В 1960—1961 гг. в зоне повышенного увлажнения были посажены плодовые культуры (вишня, айва), а в наиболее сухой — лесные (дуб черешчатый, вяз мелколистный, клен татарский, смородина золотистая). Саженцы вишни высаживали рядами параллельно валам с размещением растений 5×3 м, айвы — однолетними саженцами с размещением на расстоянии 3×0,7 м. Лесные культуры создавали с 3-метровыми междурядьями и расстоянием в ряду между саженцами 0,8 м. Хорошо предохраняет прибрежную территорию от смыва и размыва, а также способствует прекращению поступления в водохранилище продуктов эрозии лесолуговой способ закрепления прибалочных склонов. Он заключается в создании через 50 м одно- и двухрядных древесно-кустарниковых кулис с оставлением межкулисных пространств под постоянное залужение. Лучшими породами для кулис в этих условиях считают акацию белую, вяз мелколистный, смородину золотистую, лох узколистный, иргу обыкновенную. Кулисы из этих пород создавали по хорошо подготовленной почве с размещением растений на расстоянии 3×0,8 м. Они отличались хорошим ростом и развитием. Средняя высота кулис из вяза мелколистного уже на второй год после посадки достигала 122 см, годичный прирост — 67,8 см [65].

Для облесения береговых размывов в зоне Волгоградского водохранилища сеяли семена акации белой и клена ясенелистного по тающему снегу. В период 1961—1963 гг. таким способом было закреплено около 6 км береговых размывов. Неплохие

результаты были получены также при облесении донной части размывов посевом семян древесных и кустарниковых пород, из которых наиболее устойчивыми оказались клен ясенелистный, яблоня лесная, абрикос обыкновенный, терн обыкновенный и смородина золотистая. Неплохо зарекомендовало себя облесение прирусловых и русловых частей размывов посевом желудей дуба черешчатого в лунки. Заслуживает внимания создание прибалочных лесных полос шириной 30 м с разрывами 10 м для снегоотложения, а также биологический способ закрепления откосов плотин, который включает двухрядные кустарниковые кулисы, расположенные через 5 м одна от другой и посев многолетних трав в междулисных пространствах.

Агролесомелиоративные посадки (в большинстве случаев это верхние береговые полосы и насаждения на пологих склонах) в прибрежной зоне Каховского водохранилища в комплексе с другими мероприятиями надежно препятствуют его заилению и загрязнению продуктами стока. Общая ширина лесных полос колеблется от 50 до 500 м; лесные культуры создавали при размещении посадочных мест  $2 \dots 2,5 \times 0,5 \dots 0,8$  м. На эродированных склонах и участках с признаками засоления в первую очередь использовали породы, отличающиеся быстрым ростом, хорошей корнеотпрысковой способностью и достаточной засухоустойчивостью (акацию белую, вяз перистовистый, клен татарский и др.); на сильноосмытых почвах вводили гледичию и сосну крымскую, а на песчаных — сосну обыкновенную. На площадях с лучшими лесорастительными условиями культивировали дуб черешчатый. В зоне подтопления и временного затопления, а также на подверженных волнобою и абразии участках высаживали иву белую и тополя (черный, канадский и бальзамический). Из кустарниковых пород широко применяли акацию желтую, скумпию, клен татарский и лох узколистный.

Насаждения находятся в хорошем состоянии; они предохраняют почвы от разрушения, положительно влияют на повышение качества воды в водохранилище. Под дубово-ясеневыми и белоакациевыми насаждениями водопроницаемость почв увеличилась в 1,5...2 раза по сравнению с таким же показателем на выгоне (контрольном участке). Наиболее эффективно насаждение с главной породой — дубом: в районе Цимлянского водохранилища, например, водопроницаемость почвы под дубом черешчатым более чем в 8 раз больше по сравнению с водопроницаемостью почвы на безлесном склоне, под вязом перистовистым — в 6,8, акацией белой — в 5,6 и смородиной золотистой — в 3,8 раза [88]. Около 6,8 тыс. га защитных лесных

насаждений создано на берегах Днепровского водохранилища имени В. И. Ленина. Кроме того, на землях гослесфонда в защитной зоне водохранилища заложено около 2,34 тыс. га лесных насаждений. Наряду с защитными лесными насаждениями в гослесфонде закладывают противэрозионные лесонасаждения на землях колхозов и совхозов, что обеспечивает более надежную защиту водоема.

Особое внимание при облесении берегов водохранилища уделяли созданию долговечных, наиболее устойчивых и ценных в лесоводственном и водоохранно-защитном отношениях дубовых и сосновых насаждений. Они составляют свыше 40% общей площади заложённых здесь лесных насаждений. Большую площадь (около 41%) занимают посадки акации белой, что объясняется тяжелыми лесорастительными условиями. Значительную площадь занимают тополевые насаждения.

Заслуживают внимания защитные лесные насаждения, создаваемые по берегам водохранилищ Средней Азии, отличающихся своеобразным режимом уровня воды, небольшим зеркалом водной поверхности и сравнительно большим колебанием уровня воды в водоеме. На берегах Каттакурганского водохранилища, расположенного в 6 км от г. Каттакурган, создано более 3000 га лесных насаждений из фисташки обыкновенной, акации белой, вяза перистоветвистого, айланта, маклюры обыкновенной, шелковицы, миндаля, ясеня зеленого и др. Почву под посадки подготавливали в основном путем зяблевой вспашки, местами по системе черного пара; посадку осуществляли весной и осенью одно-двухлетними сеянцами, за исключением фисташки, которую вводили в лесные культуры посевом семян.

Среди насаждений, созданных в прибрежной зоне в условиях глубокого залегания грунтовых вод, наилучшим ростом отличается фисташка, насаждения которой задерживают поверхностный сток и переводят его во внутрпочвенный, предотвращают развитие эрозионных процессов и способствуют повышению качества воды в водохранилище. Фисташковые насаждения при ширине 150...200 м способны задержать почти весь поверхностный сток с расположенных выше безлесных территорий. В прибрежной зоне неплохо растут и выполняют защитные функции акация белая и вяз перистоветвистый. При богарном лесоразведении главной породой следует считать фисташку, которая в 15 лет достигает высоты 3...4 м. Около 600 га лесных насаждений (вяза перистоветвистого), свыше 500 га плодовых (яблони и вишни) и 114 га парковых насаждений из дуба черешчатого, березы бородавчатой, каркаса западного и других пород было создано Фрунзенским лесхозом в 1965—

1970 г. на берегах Нижне-Алаарчинского водохранилища, расположенного в 10 км севернее г. Фрунзе. Эти насаждения имеют хорошее состояние и играют в основном противоэрозионную роль, поглощая поверхностный сток в период обильных дождей и снеготаяния. Наиболее полно выполняет защитную функцию на склонах вяз перистоветвистый, обладающий хорошо развитой корневой системой. Он хорошо растет и развивается в богарных условиях; в 4-летнем возрасте высота его достигает 3,7 м. Культуры тополя расположены отдельными куртинами (8...10 деревьев), успешно препятствуют развитию абразионных процессов.

Проектом защиты Тюя-Бугузского водохранилища (Ташкентское море), расположенного в 50 км от Ташкента, предусмотрено создание по его берегам 1500 га лесных насаждений, из них 200 га лесопаркового типа. Заложено уже более 250 га насаждений шириной 150...300 м. Размещены они возле уреза воды. Из основных древесных пород использованы платан восточный, ясень пенсильванский, клен ясенелистный, тополя черный и Бахофена. Состояние и рост защитных насаждений хорошие. Особенно быстрым ростом отличается платан; в возрасте 10 лет средняя высота его достигала 14 м, а диаметр 16 см. Рост и развитие тополя Баховена заметно улучшаются по мере приближения его к урезу воды; в возрасте 10 лет высота его достигает 18 м, диаметр — 14 см [56].

Хорошо зарекомендовали себя защитные лесные насаждения на берегах Учинского, Истринского, Можайского и других водохранилищ. Под облесение были отведены прибрежные участки шириной от 30...50 м (Истринское водохранилище) до 140 м (Учинское). Эти участки были включены в состав зон санитарной охраны водоемов. Посадки размещены вдоль берега на расстоянии 5...10 м и более от уреза воды. На берегах Истринского водохранилища облесено около 250 га, основное назначение которых — закрепление береговой полосы от размывов и предохранение водохранилища от заиления, засорения и загрязнения продуктами стока. Со стороны водоема для предотвращения сноса в него опадающей листвы созданы 2—3-рядные живые изгороди из ели, а со стороны поля для защиты культур от потрав скотом — такие же защитные опушки из шиповника и боярышника. В защитных лесных полосах 5...8 рядов со стороны водохранилища занимают хвойные породы, главным образом ель и осна, реже лиственница, со стороны поля примерно такое же число рядов — лиственные породы. Середина полос обычно состоит из различных комбинаций хвойных и лиственных пород в сочетании с кустарниками. Из дре-

весных пород использовали сосну обыкновенную, лиственницу сибирскую, ель обыкновенную, липу мелколистную, дуб летний, березу обыкновенную и пушистую, вяз обыкновенный и ясень обыкновенный. В ассортимент кустарников входят акация желтая, бузина красная, спирея калинолистная, шиповник и др. Наилучшим ростом и развитием отличаются сосново-лиственнично-березовые и березовые культуры. Они успешно растут, в них нет резко выраженного угнетения одной породы другими; они вполне отвечают требованиям, предъявляемым к водоохранно-защитным лесонасаждениям. Положительную роль играет липа при выращивании лиственницы и других светолюбивых пород в аналогичных условиях.

Около 250 га защитных лесных насаждений создано на берегах Учинского водохранилища, расположенного в восточной части канала им. Москвы; они составляют около 30% площади лесных культур канала. Изучение лесных насаждений, примыкающих к водохранилищу, показало, что они надежно защищают берега от размывов и обеспечивают чистоту стекающих поверхностных вод путем фильтрации их через лесную подстилку и перевод значительной части стока во внутрпочвенный. Характерная черта лесокультур, созданных на берегах этого водохранилища, во-первых, высокая агротехника их создания, во-вторых, большое количество (до 50%) кустарниковых пород, а также разнообразие пород и их комбинаций. Из древесных и кустарниковых пород здесь высаживали сосну обыкновенную, ель обыкновенную, лиственницу сибирскую, липу мелколистную, дуб летний, вяз обыкновенный, ясень обыкновенный, клены остролистный и татарский, бузину красную, рябину обыкновенную, калину обыкновенную, бирючину обыкновенную, сирень обыкновенную, спирею калинолистную, акацию желтую и др. Все насаждения имеют вполне удовлетворительное состояние и отличаются хорошим ростом и развитием. Наибольшее распространение получили сосново-елово-березово-дубово-вязовые культуры с подлеском из желтой акации, клена татарского и спиреи калинолистной, елово-липовые, а также елово-березово-липовые, сосново-березовые, лиственнично-сосново-елово-березовые и елово-березово-вязовые культуры. Наиболее удачны елово-березово-липовые культуры. Изучение влияния лесных насаждений, созданных на берегах Учинского водохранилища, на водно-физические свойства почв, отложение снежного покрова, на промерзание и оттаивание почв показало их исключительно благотворную роль в повышении эффективности водоохранно-защитных насаждений, предотвращающих заиление и загрязнение водоема продуктами стока.

Защитные лесные насаждения по берегам Можайского водохранилища созданы на площади 330 га. В первом поясе зоны санитарной охраны, расположенном в 5...6 км от плотины гидроузла, под облесение была отведена прибрежная полоса шириной 75 м, а во втором — 25 м. Ассортимент древесных и кустарниковых пород, примененных при облесении берегов этого водохранилища, менее разнообразен, чем при облесении Учинского и Истринского водохранилищ. Основные породы — сосна и ель обыкновенная, лиственница сибирская, липа мелколистная, береза бородавчатая, жимолость татарская, шиповник коричный, лещина и др.

Материалы авторского надзора и исследований, проведенных в заложенных насаждениях, показывают довольно высокую их мелиоративную эффективность. На примере облесения этих водохранилищ совершенно отчетливо установлено положительное влияние защитных лесных насаждений на режим эксплуатации водоемов, предотвращение эрозионных и абразионных процессов, а также на поступление в водоемы наносов и различного рода вредных химических веществ. Лесные насаждения повышают качество воды в водохранилищах, улучшают санитарно-гигиенические условия и ландшафт прибрежных территорий.

Особенно велика роль лесных насаждений в защите небольших водоемов и прудов. Лесные насаждения из ивы, расположенные по руслу балки «Григорова» выше пруда (Волгоградская обл.), задерживают 77% общего количества продуктов эрозии, вынесенных с водосборной площади. Благодаря культурам ивы в пруд поступила только часть твердого стока (5,7 тыс. м<sup>3</sup>) от общего его объема (24,8 тыс. м<sup>3</sup>), в связи с чем полезная вместимость пруда за 13 лет уменьшилась только на 7,7%, вместо 33,4% при условии поступления в него всего твердого стока [65]. Аналогичное влияние лесных насаждений наблюдали на других объектах. Облесение прудов и других водоемов из года в год увеличивается. Только в Центрально-Черноземном районе вокруг них создано около 400 га защитных лесных насаждений.

Исключительно велико значение лесных насаждений, закладываемых по берегам каналов. Они облегчают эксплуатацию каналов, предотвращают их засорение, загрязнение продуктами стока. Защитные лесные насаждения по берегам каналов обычно размещают на расстоянии 5...15 м от бровки. Расстояние это зависит от параметров канала, использования приканальной территории. Ширина защитных лесонасаждений вдоль транспортных и крупных магистральных каналов обычно нахо-



дится в пределах 10...30 м с каждой стороны канала и зависит от его величины. Значительно большей ширины (50...100 м) закладывают защитные насаждения по берегам каналов, где наблюдается повышенная фильтрация или подпор грунтовых вод. Создаваемые в этих условиях насаждения из влаголюбивых пород, обладающих высокой транспирационной способностью, имеют в основном дренирующее значение.

Большим разнообразием отличаются защитные лесные насаждения, созданные на берегах Северо-Крымского магистрального канала. Их закладывали в основном из акации белой, вяза мелколистного и тополя пирамидального, использовали также гледичию, софору, айлант, маклюру, лох узколистный, тамариксы, скумпию, смородину золотистую. Заложены также насаждения садового типа из ореха грецкого и груши лесной. Рост и развитие древесных пород находятся в прямой зависимости от условий произрастания. Так, акация белая, высаженная крупномерными саженцами, за 5 лет на площадке кавальера достигла средней высоты 3,65 м, на сухом откосе — 5,29 м, а на непеременном грунте — 4,24 м. На сухих участках кавальеров насаждения растут медленнее; на откосах древесные породы характеризуются более высокой интенсивностью роста и повышенной жизнеспособностью.

Более сложная система защитных мероприятий осуществляется на берегах Каракумского канала, проходящего в песчаных грунтах. Там выделена зона активных мероприятий шириной 200...300 м, где используя механическую защиту, создают лесные полосы шириной 35...50 м. На развесах песках песчаных отвалов сеют травы. В полосе шириной 1...2 км выделяют охранную полосу с особым режимом пользования: регулированием пастбы скота, подсевом трав и др. При облесении используют саксаул, черкез, кандым и другие породы. Хотя эти работы очень трудоемки, расчеты показывают их высокую мелиоративную и экономическую эффективность. В районе расположения Аму-Бухарского канала через 1 м фронта движения песков перемещается около 40 м<sup>3</sup> песка, который поступает в канал. Стоимость очистки канала от этого количества песка земснарядами составляет 4 руб. за 10 м<sup>3</sup>, стоимость очистки 1 м канала — 16 руб., а затраты на закрепление и облесение 1 м песков — 7 руб. Сопоставление затрат на одну очистку с затратами на создание защитных насаждений делает вполне очевидной высокую эффективность пескоукрепительных работ.

Немаловажную роль играет биологическое укрепление защитных сооружений (дамб, плотин и др.), получившее доволь-

но широкое распространение на Украине, особенно в зонах водохранилищ Днепровского каскада. Высокими защитно-мелиоративными свойствами обладают насаждения на откосах защитных сооружений Костромской низины в зоне затопления Горьковского водохранилища. Это, главным образом, волноломные посадки в сочетании с простейшими инженерными сооружениями из местных материалов. На участках, где волноломные посадки хорошо прижились и успешно развивались, уже на 2—3-й год откосы дамб и плотин были надежно защищены от размыва.

Свою специфику имеют насаждения в районе строительства гидротехнических сооружений — плотин и шлюзов. Озеленение и благоустройство районов шлюзов помогают раскрыть своеобразие, красоту и величие природы, подчеркивают монументальность и грандиозность строительства. Интересные работы в этом направлении проводятся в районе Волго-Балтийского водного пути. Велико их значение и в защите канала.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ НАРУШЕНИЯ ВОДНОЙ СРЕДЫ И ВОДНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Естественное воспроизводство водных ресурсов в процессе круговорота воды и их самоочищающая способность во многом определяют качество воды в водоемах. Быстрый рост промышленности и сельского хозяйства, развитие и благоустройство городов, тесно связанное с увеличением потребления пресной воды, увеличивают поступление всевозможных загрязняющих веществ в водоемы, под влиянием которых серьезно изменяются водно-экологические системы, ухудшается санитарно-гигиеническое состояние водной среды, нарушаются биологические, биохимические и другие процессы. Все это требует принятия хорошо продуманных, научно обоснованных мер для предотвращения загрязнения вредными веществами водоемов и ликвидации его последствий.

Прежде всего необходимо установить причины и основные источники загрязнения вод, изучить жизнь водоемов во взаимосвязи с факторами антропогенного воздействия на них. Основные источники загрязнения водных источников — крупные промышленные центры; наибольшую опасность представляет промышленность. Ее развитие сопровождается не только ростом водопотребления, но и образованием значительного количества сточных вод, которые не только загрязняют и засоряют водое-

мы, но и отравляют их. Увеличивается также и количество новых компонентов химических продуктов, попадающих в сточные воды, а затем в природные водоемы и в подземные источники. На долю промышленности приходится более 70% сбрасываемых сточных вод. В табл. 61 приведены данные о сбросе предприятиями ведущих отраслей народного хозяйства загрязненных сточных вод в 1970—1975 гг.

**61. Сброс сточных вод предприятиями различных отраслей промышленности [178]**

Отрасли и подотрасли	Сброс загрязненных сточных вод, %		
	в общем сбросе	в том числе	
		с очисткой	без очистки
Угольная промышленность	56	88	12
Жилищно-коммунальное хозяйство	12	84	16
Электроэнергетика	9	99	1
Химическая, газовая и нефтехимическая промышленность	8	85	15
Металлургическая промышленность	5	99,9	0,1
Машиностроение и металлообработка	3	97	3
Строительство и промышленность стройматериалов	3	90	10
Здравоохранение	1	93	7
Легкая, пищевая промышленность	1	89	11
Сельское хозяйство	0,7	71	29
Местная промышленность	0,5	97	3
Лесная и деревообрабатывающая промышленность	0,5	97	3
Торговля	0,2	99,6	0,4
Транспорт	0,1	94	6
<b>Всего</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>11</b>

Наибольшее количество загрязненных сточных вод сбрасывается предприятиями угольной промышленности — шахтами, обогатительными фабриками и др. Шахтные воды, насыщенные углистыми взвешенными частицами, железистыми, сернокислыми и различного рода органическими соединениями, сильно за-

грязнят реки, особенно в летнюю межень, т. е. тогда, когда уровень воды в реках снижается. Содержание взвешенных частиц в шахтных водах достигает 1000 мг/л и более.

Большую опасность для водных источников представляют отходы и выбросы химической промышленности. В водоемах, в которые попадают эти отходы, повышается содержание взвесей и соединений соды и азота, увеличивается потребность в кислороде (БПК), появляются запахи сероводорода и сероуглерода. В воду попадают синтетические вещества, минеральные соли, соли тяжелых металлов, токсичные для водных организмов кислоты и другие элементы. Выработка новых видов искусственных волокон дополняет состав сточных вод новыми химическими соединениями. В сточных водах заводов органического синтеза содержится ряд веществ (изопрен, этилбензол, стирол, пиридовые соединения и др.), обладающих резко выраженным воздействием на органолептические показатели воды.

Интенсивный источник загрязнения водоемов — нефтяная и нефтехимическая промышленность. Неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды нефтяной промышленности содержат нафтеновые кислоты, сернистые соединения, меркаптаны, азотистые соединения, смолистые вещества, органические и неорганические соли, фенолы, сероводород, соединения мышьяка и свинца, кислоты, щелочи и другие вещества. Они покрывают поверхность воды пленкой, препятствующей аэрации, и нарушают процессы окисления. Берега и растительность при спаде уровней воды покрываются смолистыми веществами и опустошаются. Сточные воды нефтяной промышленности наносят серьезный вред водоснабжению, рыбоводству, водоплавающей птице. Даже небольшая примесь нефти в воде придает ей специфический керосиновый запах. Концентрация нефти выше 0,5 мг/л смертельна для рыб, а 1,2 мг/л вызывает гибель планктона и бентоса. Насколько велик вред, причиняемый поверхностным водам нефтепродуктами, можно судить по тому, что 1 т нефти может распространиться по поверхности воды на площади 12 км<sup>2</sup>. Если бы не микроорганизмы, способствующие разложению нефти, то уже давно все моря и океаны были бы покрыты радужной пленкой. Ежегодно загрязнение вод нефтепродуктами приводит к гибели около 200 тыс. водоплавающих птиц, большого количества рыбы и других живых организмов [95].

Значительный источник загрязнения водоемов — целлюлозно-бумажная промышленность. Сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной промышленности поглощают в водоеме растворенный кислород, засоряют водоемы нерастворимыми ве-

ществами (волокнами), придают воде неприятный запах и вкус, изменяют ее цвет, способствуют развитию грибных образований по дну и берегам, затрудняющих работу водоприемных сооружений. В итоге ухудшается санитарно-эпидемиологическое состояние воды и наносится большой ущерб рыбному хозяйству.

Серьезный вред водным источникам за рубежом [229] наносит атомная промышленность, главным образом предприятия, на которых добывают, перерабатывают радиоактивное сырье для получения ядерного топлива, энергетические ядерные установки, а также учреждения (научные, медицинские и др.), которые работают с радионуклидами. Состав радиоактивных отходов довольно разнообразен и зависит от многих факторов (сырья, его переработки, типа производства и т. д.). Различают жидкие, твердые и газообразные отходы. Больше всего загрязняют водоемы жидкие радиоактивные отходы, степень опасности которых зависит от нуклидного и механического состава, количества, условий удаления и т. д. Радионуклиды, содержащиеся в жидких отходах, поступают в водоемы в основном через систему коммунальной канализации, а также при спуске этих отходов непосредственно в водоем. В организм человека радионуклиды поступают с питьевой водой и пищевыми продуктами.

Крупные тепловые электростанции не загрязняют сточные воды, но спускают в водоемы огромное количество использованной для охлаждения агрегатов воды, температура которой на 8...10° С выше температуры воды в водоеме. Это резко ухудшает его санитарное состояние. К особо опасным и интенсивным источникам загрязнения водоемов относятся металлургическая и коксохимическая отрасли промышленности, сточные воды которых сложны и очень вредны по своему химическому составу. Они содержат фенолы, пиридины, цианиды, роданины, аммиак, хлориды, смолы и другие вещества.

В последние 15...20 лет во многих странах, в том числе и в СССР, интенсивно развивается новая отрасль промышленности — производство синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ). Эти вещества, часто называемые за рубежом детергентами (от латинского слова *detergere* — очищать), нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства, главным образом в производстве моющих средств. Развитие производства синтетических ПАВ обусловлено не только их хорошими моющими средствами, но и тем, что они оказались незаменимыми в ряде технологических процессов различных отраслей промышленности, в сельском хозяйстве,

медицине и т. д. Производство и применение ПАВ обусловили значительное загрязнение ими водоемов во многих странах мира. Особую озабоченность вызывает появление хотя и в небольших количествах ПАВ в питьевой воде водопроводов. В связи с этим принимают серьезные меры для предотвращения загрязнения этими веществами водных объектов и всестороннего их изучения. Создан Международный комитет по детергентам, в составе которого функционирует экологическая комиссия, занимающаяся вопросами охраны водоемов от загрязнения ПАВ. В ряде стран, в том числе и в СССР, созданы национальные комитеты по ПАВ, участвующие в работе международного комитета.

Влияние ПАВ на качество вод по органолептическим показателям (прозрачности, окраске) не очень велико. Так, проксанол и проксамин окрашивают воду только при концентрации около 10 г/л; опалесценцию и мутность растворов в наиболее низких концентрациях (50 и 0,5 мг/л) вызывают синтанол МЦ-10 и азолит Б. Значительно большее значение имеет способность этих веществ придавать воде запах (канифольный, мыльный и т. д.) и привкус (чаще горький, иногда вяжущий или неопределенный). Очень важно эмульгирующее и солюбилизующее действие ПАВ на загрязняющие водоемы вещества. Различные ПАВ в небольших концентрациях способны резко увеличивать количество эмульгированной нефти и повышать стабильность ее водной эмульсии. ПАВ хорошо эмульгируют минеральные и растительные масла, которые также нередко загрязняют водоемы. Они оказывают существенное влияние на некоторые водные организмы, могут вызывать острое и хроническое отравление рыб; первое возникает в результате сброса большого количества сточных вод, в составе которых содержатся ПАВ, второе — при длительном воздействии сравнительно небольших концентраций ПАВ.

При воздействии АБС в концентрации 15...20 мг/л радужная фарель в течение 1 ч погибала; некоторые виды рыб погибали при значительно меньших концентрациях (1...3,5 мг/л) [108]. Отрицательное воздействие ПАВ возрастает в связи с тем, что они способствуют проникновению в ткани рыб других, более токсичных, веществ. Так, золотая рыбка, ранее подвергавшаяся обработке раствором АБС, более чувствительна к действию пестицидов — дизлдрин и ДДТ [225].

На основании исследований в нашей стране были разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) ПАВ для рыбохозяйственных водоемов, а именно: для первичного алкилсульфата — 0,1...0,2 мг/л, ДНС — 0,2, алкилсульфоната — 0,5,

хлорного сульфанола — 0,1 мг/л, сульфанола НП-1...0,2, сульфанола НП-3...0,1, ОП-7...0,3, ОП-10...0,5 мг/л [49]. ПАВ способны усиливать активность канцерогенных веществ.

В присутствии других химических соединений в воде ПАВ часто усиливает неблагоприятное их влияние на качество воды и ее самоочищение. Значительный вред водным источникам причиняют так называемые условно-чистые сточные воды промышленных предприятий.

Серьезную опасность для водоемов представляют их бытовые (хозяйственно-фекальные) сточные воды. Неочищенные бытовые сточные воды загрязняют водоемы органическими веществами, соединениями фосфора, азота, хлора и т. п. Ионы хлора не задерживаются даже очистными сооружениями и поступают в реки. В Великобритании ежегодно с канализационными сточными водами выбрасывается 500 т азотных и 30 т фосфорных солей. Среди фосфорных солей 46% составляют соли, полученные из детергентов. Реки выносят в моря бытовые сточные воды чаще в смеси с промышленными и сильно загрязняют прибрежные воды. Река Тайн, одна из крупных рек на северо-восточном побережье Англии, принимает ежедневно 170 млн. л бытовых и промышленных сточных вод, которые выносятся в море на расстояние 5 км от устья; в поверхностном слое морских вод на площади 45 км<sup>2</sup> устья этой реки содержится повышенное количество кишечных бактерий, соединений азота и фосфора [206]. На качестве воды в водоемах отрицательно сказывается расширение канализационной сети в сельской местности и сброс нечистот из животноводческих помещений. Сточные воды крупных животноводческих комплексов, которые получают широкое распространение, могут стать источником загрязнения водоемов. Содержание и выращивание 7,6 млн. свиней и 1,6 млн. голов крупного рогатого скота приводит к накоплению около 40 млн. т навоза, что эквивалентно объему образующихся загрязняющих продуктов в городе с населением 50 млн. человек. При изучении качества воды в пруду, используемом для водопоя 300 голов крупного рогатого скота (около пруда расположена полуденная стоянка скота на площади 1,5 га), установлено, что длительное нахождение животных у водоемов приводит к интенсивному занавоживанию прибрежных территорий и смыву в воду жидких и твердых отходов, вследствие чего резко понижается прозрачность воды (до 4...5 см летом по сравнению с 27...30 см в мае), значительно ухудшается запах, достигая 5 баллов; отмечается высокая бактериальная загрязненность воды (в иле были обнаружены яйца стронгилида фасциол) [214]. Загрязне-

ние вод отходами животноводства в Англии обходится ежегодно в 1 млн. ф. ст. Ежегодные отходы животноводческих ферм в стране составляют 130 млн. т от 14 млн. коров, 28 млн. овец и 8 млн. свиней. Повышенное содержание азота в реках вследствие попадания в них отходов с ферм отмечают, как правило, после сильных дождей. Опасность представляет и неправильное силосование кормов и хранение навоза в непригодных хранилищах [230]. Бытовые производственные сточные воды резко отличаются друг от друга происхождением, биологической активностью, санитарно-гигиеническим значением и методами очистки.

Значительно повысилась опасность инфекционных заболеваний, возбудители которых распространяются водным путем. Этим путем могут распространяться не только кишечные инфекции (тифы, холера, бактериальная дизентерия и т. п.), но и лептоспироза, туляремия и даже бруцеллез. Возможны эпидемии вирусных заболеваний, например инфекционного гепатита.

Существенно загрязняют водоемы газовые и другие выбросы предприятий в атмосферу, которые попадают в водные источники непосредственно или с дождевыми и тальми водами. Значительное количество примесей в водные объекты попадает с поверхностным стоком из городов, крупных населенных пунктов и производственных объектов.

Отрицательно влияют на качество вод городские свалки и поверхностный сток с территорий крупных аэропортов (топливо, масло, нефтепродукты с различными добавками, моющие растворы, антиобледенители и др.). Неблагоприятное влияние на качество воды оказывает водный транспорт. В результате судоходства воды загрязняются веществами, которые перевозятся судами, и отходами, связанными с эксплуатацией судов (нефтью и нефтепродуктами, органическими веществами). В результате исследований была установлена существенная роль судоходства в загрязнении пресноводных водоемов канцерогенным углеводородом БП. Увеличилось его содержание в воде, в водных растениях и донных отложениях. Использование одних только лодочных моторов может привести к загрязнению водоемов канцерогенными полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Потенциальную угрозу для водоемов представляет нефтеналивной флот. Дальнейшее развитие речного и морского транспорта требует дополнительных мер для предотвращения загрязнения водоемов.

Отрицательно сказывается на качестве воды сплав древесины, объем которого в нашей стране довольно велик. Древесина



выделяет в воду смолистые вещества, кислоты, фенолы. Кроме того, русла и берег рек засоряются затонувшей древесиной и корой. Сплавной лес наносит раны рыбам, преграждает путь к нерестилищам. Часть леса тонет, впоследствии гниет, значительно ухудшая качество воды. Засоряют реки различные отходы (опилки, кора и др.), которые сбрасывают в них лесопильные заводы. Наиболее отрицательно влияет молевой сплав на качество воды, особенно на естественное воспроизводство и численность ценных рыб.

Один из источников загрязнения водных объектов — сбросные воды рыбоводных прудов, рыбоперерабатывающих предприятий, сточные воды рыболовецких судов. В водоемы поступают органические вещества, хлориды, биогенные элементы, жиры и др.

Специфическое загрязнение, особенно слабопроточных водоемов (водохранилищ, озер) — цветение воды (эвтрофирование), интенсифицирующиеся при поступлении в водоем биогенных элементов — азота и фосфора с поверхностным стоком и городскими и промышленными сточными водами. При интенсивном эвтрофировании отрицательные сдвиги в гидрохимическом и биологическом режиме водоемов могут быть столь глубокими, что такие водоемы могут стать непригодными для многих видов водопользования (коммунально-бытового водоснабжения, рыбозаведения и др.).

Основные источники загрязнения подземных вод — места скопления производственных вод (пруды-отстойники, шлаковые пруды, накопители, испарители, золоотвалы и т. д.), участки скопления на поверхности твердых отходов, загрязненные территории промышленных объектов, земель сельскохозяйственных полей орошения и поля фильтрации, поглощающие скважины и колодцы, возвратные воды орошения. Наиболее распространены накопители сточных вод, в которых происходит фильтрация воды.

Сельскохозяйственное производство также становится одним из основных источников загрязнения водоемов. Минеральные удобрения, химические средства защиты растений от вредителей, болезней и сорняков — один из важнейших факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. С интенсификацией сельскохозяйственного производства применение их увеличивается. Так, к 1976 г. поставка всех видов минеральных удобрений сельскому хозяйству достигла 77 732 тыс. т в условных единицах.

Широкое использование средств химии в сельском хозяйстве сопровождается поступлением в окружающую среду значи-

тельного количества химических веществ, в том числе и ядохимикатов, большинство из которых устойчиво к внешним факторам и в течение длительного времени сохраняет свои свойства. Одни из них накапливаются в верхнем горизонте почвы, а затем под влиянием поверхностного стока смываются в водоемы, другие проникают в глубь почвы и достигают водоносных горизонтов. Наконец, они могут попадать непосредственно в водоисточники во время авиационной обработки полей и лесных угодий.

Сток с сельскохозяйственных территорий — основной поставщик продуктов эрозии, ядохимикатов и биогенных веществ (удобрений) в водоемы. По экспертным оценкам, на долю сельскохозяйственного производства приходится 50% загрязнения водоемов соединениями азота и 30% — фосфора. Уровень загрязнений водоисточников в значительной степени зависит от сроков, доз и способов внесения химических средств, осадков и оросительных норм, а также от типа почвенного и растительного покрова, рельефа, площади водосбора, механического состава почв и других факторов. Так, вымывание соединений азота с паровых полей в 5...10 раз интенсивнее, чем с залуженных угодий. Систематический анализ этих факторов позволит взять под контроль потенциально опасные последствия их химизации сельскохозяйственного производства. Немаловажное значение имеют характер и качество минеральных удобрений — химический состав, растворимость, наличие вредных примесей и др. Особенно часто водоемы загрязняются в результате применения азотных удобрений.

Азот под влиянием нитрификационных процессов преобразуется в нитраты, которые отличаются высокой растворимостью и подвижностью; они активно диффундируют в поверхностные и подземные воды. Растения обычно используют от 30 до 70% внесенного азота, от 10 до 40% его переходит в протоплазму микроорганизмов или фиксируется почвой, а остальная часть теряется. Содержание в воде более 10 мг/л нитратов делает ее непригодной для употребления, поскольку она становится небезопасной для здоровья не только людей, но и животных. Нитрат-ион фармакологически инертен, но способен восстанавливаться до нитрит-иона, который, попадая в систему кровообращения, способствует превращению гемоглобина в метгемоглобин [188]. В результате химических превращений нитраты могут образовывать также вещества, обладающие высокими канцерогенными свойствами (нитросамины).

Неорганические соединения фосфора вымываются из почвы в небольшом количестве, и попадание их в водоемы связано

в основном с эрозией почв. Анализ фосфорсодержащих минеральных удобрений показал, что в их составе (в аммофосе, нитроаммофосе, нитрофоске, суперфосфатах и др.) есть примесь мышьяка и хрома, которые легко вымываются. Флотационный хлористый калий содержит в своем составе значительное количество 3,4-бензпирена (около 100 мг/кг), относящегося к канцерогенным веществам; он плохо растворяется в воде, а попадая в водоемы, образует довольно устойчивую тонкую пленку [188].

Повышенный вынос азотистых соединений в водоемы способствует активному развитию фитопланктона, стимулирует рост нежелательных водных организмов, эвтрофирование водных источников, нарушает процессы самоочищения. Интенсивность цветения определяется прежде всего содержанием в воде биогенных элементов, минеральных соединений азота и фосфора. В водохранилищах Днепровского каскада водоросли часто образуют сплошные скопления пятен цветения, биомасса которых достигает до 40 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности водоема. Отмирание водорослей и их гниение приводят к появлению неприятных запахов, а также к другим явлениям, отрицательно влияющим на качество воды.

Наибольшее загрязнение водоисточников отмечается в районах орошаемого земледелия. Разветвленная сеть оросительных и дренажных каналов, различные режимы орошения, промывка засоленных почв, значительное колебание уровня грунтовых вод, а также интенсивный поверхностный сток с сельскохозяйственных земель способствуют быстрой миграции некоторых видов удобрений и ядохимикатов в открытые водоемы и подземные воды. Вынос удобрений коллекторными водами, сбрасываемыми с орошаемых участков, зависит в основном от времени года и вида удобрений. В течение года с отдельных оросительных систем выносятся десятки тонн азота. С 1 га дренированных почв может быть вымыто от 1,4 до 80 кг нитратного азота, до 3 кг фосфора и 60 кг калия. Большое количество нитратов и фосфатов содержат многие коллекторно-дренажные воды Чуйской долины. Это результат неправильного хранения минеральных удобрений, а также несоблюдение установленных правил и норм их применения. Максимальное содержание нитратов в коллекторных водах наблюдается в летнее время, что свидетельствует о вымывании их при орошении из почвы; зимой содержание их определяется процессами минерализации растительных остатков. Учеными подсчитано, что с коллекторными водами за год выносятся 44 т соединений азота с массива площадью 16 тыс. га. Биогенные элементы, в частности азот

и фосфор, попадая в открытые водоемы, стимулируют бурный рост водной растительности, которая загрязняет и засоряет каналы, особенно слабопроточные [188].

Аналогичные данные получены Институтом химии АН Таджикской ССР при изучении коллекторных вод, поступающих в Кайраккумское водохранилище с Исфаринской и Ходжабакирганской оросительных систем Ферганской долины. Содержание азота в них в 3...5 раз (в зависимости от времени года) выше, чем в водохранилище. Сырдарья получает около 20% возвратных вод с орошаемых земель Ферганской долины, и так же, как и водохранилище, загрязняется эвтрофирующими компонентами удобрений. Большая скорость течения (1...2 м/с) и высокая мутность (до 60 г/л взвешенных частиц) предотвращают развитие цветения воды в реке. В водохранилище биогенные вещества ассимилируются фитопланктоном и высшей водной растительностью, распространенной на мелководьях и занимающей не менее  $\frac{1}{4}$  его площади [186].

Интересные данные получены ВНИИводполимером о загрязненности дренажных вод осушаемых земель остаточным количеством удобрений. Во всех случаях внесение удобрений в осушаемые земли сопровождается повышением в дренажных водах и водоемах ионной концентрации. Известкование усиливает вымывание кальция и магния, особенно из почв с высокой насыщенностью основаниями. После внесения фосфорных и калийных удобрений в дренированные участки, особенно пахотные, в речных водах повышается концентрация кальция более чем в 2 раза и магния в 1,5 раза. В дренажных водах увеличивается содержание фосфора и хлористого калия после внесения в почву суперфосфата, но больше всего концентрацию калия и фосфора повышают органические удобрения. Внесение аммиачных удобрений перед посевом или осенью увеличивает содержание азота в дренажных водах в 2...3 раза.

С полей, занятых пропашными культурами, за год выносятся 16,8 кг/га азота. Максимальный вынос был замечен на участках низинных торфяно-болотных почв, занятых паром, и достигал 90,2 кг/га при годовом стоке 176,1 мм; на полях с многолетними травами потеря азота резко снижалась и составляла 4,2 кг/га при стоке 107,8 мм. Помимо питательных веществ, с дренажными водами выносятся в водоемы большое количество вредных для растений хлоридов и сульфатов. При внесении в почву минеральных удобрений концентрация хлора в дренажных водах увеличивается с 13,1 до 31,7 мг/л. Максимальное содержание сульфатов в дренажных водах (720,6 мг/л) было обнаружено при внесении суперфосфата в мерзлую старопахот-

ную почву. Вынос хлоридов и сульфатов возрастает в зависимости от давности осушения и освоения почв. Количество нитратов в речной воде после внесения удобрений увеличивается до 16,2 мг/л [188]. Исследованиями в бассейнах рек Шумера, Упите и Пильве Литовской ССР установлено, что их воды загрязняют органическим азотом сточные воды с животноводческих ферм, комплексов, а также с сельскохозяйственных полей, удобряемых жидким навозом.

По материалам различных стран, вынос азота с полей, обработанных минеральными и органическими удобрениями, может достигать 100...180 кг/га, фосфора — 20...50 кг/га. В Швейцарии количество фосфора и азота, которое попадает в реки с поверхностным стоком, равно общему количеству загрязняющих веществ, вносимых всеми сточными водами в водоемы из населенных пунктов и промышленных предприятий [95]. Ученые Англии установили, что в ежегодном поверхностном стоке с интенсивно обрабатываемых сельскохозяйственных земель в среднем содержится 10...15 мг/л нитратного азота, в некоторых случаях эта концентрация может быть и выше. Наибольшая потеря азота с фильтрационными водами приходится на зимний период.

Обследования, проведенные в Рейнланд-Пфальце (ФРГ), показали, что в 39 из 54 проверенных колодцев вода содержит более 50 мг/л нитритов. В некоторых колодцах содержание нитритов достигает 500 мг/л; в 4% из 700 проб питьевой воды оно превышало 50 мг/л. Одна из основных причин загрязнения вод нитратами и другими азотными соединениями — их вымывание из почвы после внесения удобрений.

Исследованиями загрязнения вод ФРГ фосфорными соединениями установлена определенная зависимость между ростом применения минеральных удобрений и повышением количества фосфатов в водоемах. Около  $\frac{1}{3}$  фосфатов поступает в озера страны с сельскохозяйственных угодий.

Серьезный источник загрязнения водоемов в ФРГ — животноводческие предприятия, которые сбрасывают в них большое количество отходов, содержащих органические вещества, азот, фосфор, калий, опасные болезнетворные организмы и т. п. По сообщениям из Баварии, причина 10 из 22 случаев массовой гибели рыб в реках и озерах — отходы животноводческих ферм. Для удобрения в ФРГ чаще всего используют жидкий навоз. Навозная жижа, смытая с полей, содержит 1...4,5 тыс. мг/л  $\text{NH}_3$ , тогда как концентрация  $\text{NH}_3$ , равная 1 мг/л, вызывает в водоемах гибель карпов. Загрязняются водоемы и силосной жидкостью, под действием которой происходит их интенсивное

заилиение и зарастание, так как поступает большое количество питательных веществ, гибнут рыбы из-за кислородного голодания и влияния токсичных веществ, бурно развиваются гнилостные бактерии, делающие воду непригодной для питья, исчезают все высшие организмы [205]. В силосной жидкости обычно содержится 70...80% органического вещества и 20...30% золы.

Применение минеральных удобрений в Великобритании за последние 30 лет возросло в 8 раз. Оно способствовало резко повышению минерализации вод и наиболее активному эвтрофированию водоемов. Чаще всего воды загрязняются в результате использования азотных удобрений. Сельскохозяйственные культуры поглощают около 50% азота, внесенного с удобрениями, а травы — не более 80%; большая часть остального азота (20...50%) попадает в грунтовые воды и водоемы.

Внесение в почву азотных удобрений очень сильно сказывается на повышении нитратов в инфильтрационных водах. В инфильтрационных водах с участка, засеянного травой, где применяли удобрения, нитратов содержалось 22,5 мг/л, что в 7 раз превышало их содержание в инфильтрационных водах естественного луга — 3,3 мг/л [241]. Серьезную опасность загрязнения водных источников нитратами представляют крупные животноводческие комплексы, отходы которых составляют 120...150 млн. т в год. Потенциальные источники загрязнения водоемов — птице- и свинофермы [206].

Аналогично положение с загрязнением вод удобрениями во Франции и других странах. Загрязнение водоемов удобрениями не является неизбежным спутником интенсификации сельскохозяйственного производства. При правильном внесении минеральные и другие удобрения могут стать эффективными средствами защиты окружающей среды и, в первую очередь, водной среды и водно-экологических систем, так как они улучшают структуру почвы, повышают ее устойчивость к водной и ветровой эрозии.

Серьезную угрозу интенсивного загрязнения поверхностных и грунтовых вод представляют химические препараты — пестициды (от латинских слов *pestis* — зараза и *cide* убивать), используемые для борьбы с вредителями в сельскохозяйственном и других производствах. Пестициды классифицируют по тем объектам, против которых их применяют. Химические средства для защиты растений от вредных насекомых называются инсектицидами, от болезней — фунгицидами, от грызунов — зооцидами, от клещей — акарицидами, от сорняков — гербицидами и т. д. По характеру воздействия на

вредные организмы различают ядохимикаты контактного, кишечного, системного действия и фумиганты.

Применение пестицидов в нашей стране приобретает особое значение, которое с каждым годом возрастает. «Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы» было предусмотрено довести в 1980 г. поставку сельскому хозяйству химических средств защиты растений (пестицидов) до 628 тыс. т (условных единиц), в том числе гербицидов до 245 тыс. т [1, с. 204].

Применение пестицидов в сельском хозяйстве РСФСР позволило в девятой пятилетке получить 93 282 тыс. т различной сельскохозяйственной продукции на общую сумму 7204,6 млн. руб. при общих затратах на химическую обработку, транспортировку и уборку дополнительного урожая 1829,3 млн. руб. В целом по стране осуществление мероприятий, направленных на защиту растений, позволило получить дополнительной продукции в среднем на 5,5...6 млрд. руб. в год. За 5 лет было использовано 869,9 тыс. т пестицидов, в том числе гербицидов 240,7 тыс. т, фунгицидов 132,4, инсектицидов 362, протравителей 61,1 тыс. т, что составляет около 180 тыс. т препаратов 88 наименований в год. Химическими средствами было обработано 234,2 млн. га сельскохозяйственных угодий, в том числе при борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур — 130 млн. га, с сорняками — 104,2 млн. га. Такое широкое применение химических средств защиты растений часто приводит к загрязнению ими территории, ирригационной сети, а также грунтовых водоемов.

Пестициды и другие химические соединения могут попадать в водоемы непосредственно или из атмосферы и почвы, а также со сточными водами в виде продуктов жизнедеятельности животных и человека (рис. 9). Наибольшая часть пестицидов поступает в водоемы с дождевыми и талыми водами (поверхностным стоком с территорий, обработанных ядохимикатами), смывающих их с почвы и растений. Вынос пестицидных остатков поверхностным стоком с сельскохозяйственных угодий богарного земледелия может колебаться в широких пределах (табл. 62).

Значительное количество ядохимикатов поступает в водоемы при сбросе сточных вод предприятиями, производящими ядохимикаты. Из атмосферы пестициды могут попадать вместе с осадками или прямым осаждением в виде капель или твердых частиц. Кроме того, пестициды могут сноситься в водоемы ветром, особенно при авиационной обработке растений. Большие неприятности приносит нарушения технологии авиационной

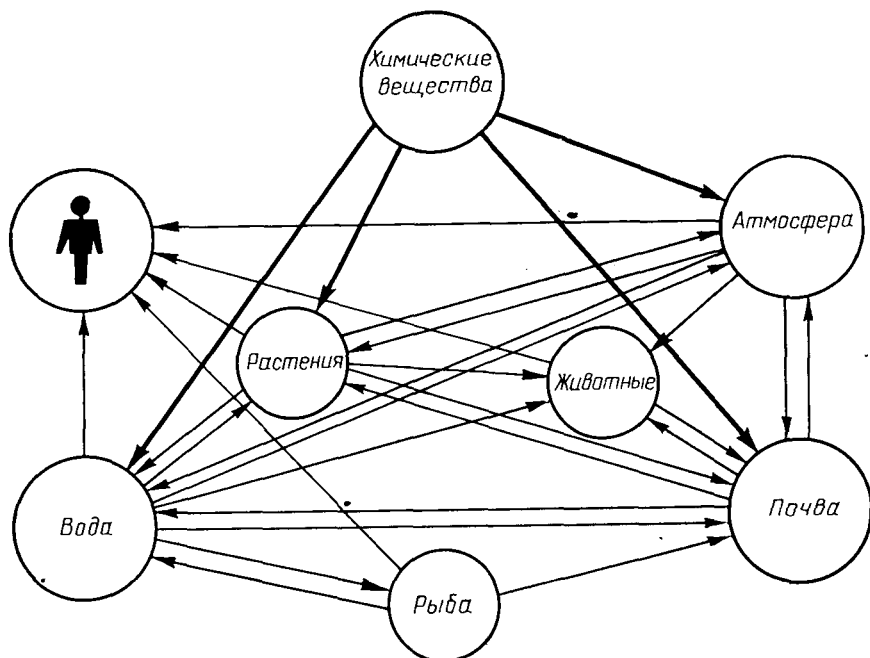


Рис. 9. Циркуляция химических веществ в окружающей среде

62. Среднегодовой возможный вынос пестицидов в бассейны некоторых рек юго-западной части СССР

Бассейн	Вынос пестицидов, тыс. т			Бассейн	Вынос пестицидов, тыс. т		
	всего	хлорорганических	фосфорорганических		всего	хлорорганических	фосфорорганических
Днепра	1,4	0,30	0,10	Днестра	1,9	0,10	0,08
Дона	1,3	0,32	0,15	Южного Буга	0,7	0,10	0,06

и наземной обработки сельскохозяйственных угодий и лесных территорий, неправильное хранение и потери препаратов при транспортировке и др. Много пестицидов поступает в водоемы с орошаемых территорий вместе с коллекторными водами. Так, с орошаемого массива площадью около 35 тыс. га коллектор-



ными водами в водоем выносилось органических соединений хлора до 5...7 т в год, причем 70...90% этого количества прихлорилось на летний период. Поверхностные стоки со значительным содержанием удобрений и пестицидов, поступающие в водоемы с сельскохозяйственных угодий, ухудшают качество воды для различных видов водопользования и водопотребления. В результате повышенного содержания в воде соединений азота и фосфора быстро развивается растительность, что приводит к зарастанию и засорению рек, каналов, водохранилищ, а в конечном итоге — к эвтрофированию. Миграция пестицидов определяется их персистентностью и кумулятивными свойствами, а также особенностями самого объекта. В этом отношении наибольшую опасность представляют хлорорганические пестициды.

До последнего времени хлорсодержащие органические соединения занимали одно из первых мест по масштабам их использования в сельскохозяйственном производстве и других отраслях народного хозяйства. Только ДДТ за 20 лет (1950—1970 гг.) на земном шаре было использовано около 4,5 млн. т. Очень распространены в Европе и Азии инсектицид — гексахлорциклогексан (ГХЦГ), который широко применяют в виде 99,5%-ного  $\gamma$ -изомера (линдана). Только в Японии в 1968 г. было произведено 45 695 т этого технического препарата [102]. Из полихлортерпенов применяют токсафон, стробан и полихлорпинен. Они токсичны для рыб и планктона.

В качестве пестицидов используют хлордан, гептахлор, дилор, альдрин, дильдрин, эндрин, изодрин и эндосульфат, а также кепон (декахлорпентациклододеканон), мирекс (додекахлорпентациклододекан) и некоторые другие соединения диенового синтеза. В Советском Союзе разрешено ограниченное применение гептахлора, дилора и эндосульфата [102]. Широкое применение в качестве дезинфекционных средств, инсектицидов и акарицидов, фунгицидов и гербицидов получили фенолы и их производные, в качестве пестицидов — соединения меди, ртути, олова, цинка и других металлов, а также органические соединения фосфора, являющиеся одним из наиболее многочисленных классов пестицидов; их применяют как гербициды, фунгициды, нематоциды, акарициды и регуляторы роста растений. Только в США производят более 60 тыс. т в год различных фосфорорганических пестицидов; их мировой ассортимент превышает 150 видов [102].

Большинство органических соединений под влиянием различных факторов полностью разлагается до простейших соединений, которые не представляют опасности для человека и других

организмов. Однако некоторые химические соединения разлагаются очень медленно, что приводит к накоплению вредных веществ в организме человека, животных, в почве, воде и т. д. Это относится прежде всего к персистентным хлорорганическим инсектицидам типа ДДТ и препаратам диенового синтеза, которые способны долго сохраняться в почве и других объектах окружающей среды.

Несоблюдение норм и сроков обработки приводит к накоплению пестицидов в плодах, овощах и других сельскохозяйственных продуктах. К значительному накоплению пестицидов в почве ведет не всегда обоснованное увеличение кратности обработок сельскохозяйственных угодий. С 1000 га орошаемых земель ежегодно выносятся около 1 ц хлорорганических пестицидов, более стойких и обладающих кумулятивными свойствами; накапливаясь в тканях рыб, они приводят к их гибели.

Исследованиями Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации (САНИИРИ) установлено, что в зонах староорошаемых земель загрязнение коллекторов хлорорганическими пестицидами достигает 3,8 мг/л, фосфорорганическими — 0,15; в новой зоне орошения соответственно до 0,55 и 0,037 мг/л. Сброс коллекторно-дренажных вод только в р. Сырдарью ежегодно составляет 10...12 км<sup>3</sup> [188].

Специфика режима орошения риса обуславливает сброс в коллекторно-дренажную сеть использованной воды в количествах, достигающих половины и более подачи ее из рек и водохранилищ. С рисовых систем страны в водоемы за оросительный период сбрасывается около 2 млрд. м<sup>3</sup> воды [188]. Обработка рисовых полей пестицидами сопровождается частичным выносом их в водотоки и водоемы. Концентрация токсиантов в сбросных водах увеличивается при внесении высоких доз ядохимикатов на поля и при форсированной обработке ими больших площадей, поэтому следует стремиться обрабатывать поля равномерно, чтобы обеспечить возможно большее разбавление сбросной воды в магистральных коллекторах.

Во многих реках Великобритании наблюдалась высокая концентрация хлорорганических инсектицидов, поступающих в водоемы в результате смыва с обработанных полей, со скотных дворов и птичников, а также в результате сброса сточных вод с ковровых и шерстеобрабатывающих фабрик, использующих некоторые ядохимикаты, в частности дильдрин, для борьбы с молью и другими вредителями. Наибольшее количество пестицидов обнаружено в реках Западного Райдинга и Йоркшира. Отмечено отрицательное влияние их на развитие живых организмов.

Загрязненный пестицидами речной сток приводит к накоплению их в прибрежных морских водах Великобритании. Ежегодно в море поступает около 10 т пестицидов. В Ирландском море воды загрязнены полихлорбифенилами [206].

Особое место среди источников загрязнения водоемов занимают эрозия почв и абразионные процессы по берегам рек, водохранилищ и других водных объектов. В табл. 63 приведена классификация типов и источников загрязнения рек [154]. Под эрозией обычно понимают разрушение почвенного покрова и подстилающих пород потоками воды от весеннего снеготаяния, продолжительных дождей и ливней, а также ветрами, дующими с большими скоростями. Разрушение почвы под влиянием поверхностного стока воды называют водной, а под воздействием ветра — ветровой эрозией. Несмотря на то что по своей природе факторы, вызывающие эрозию почвы, различны, у них есть общее: под их влиянием протекает процесс разрушения почвы, гумус и питательные вещества выносятся в водоемы, в результате чего водные источники загрязняются и заиливаются, резко ухудшается качество природных вод.

Эрозия возникает в тех случаях, когда эродирующая способность водного или ветрового потока, зависящая от их мощности и скорости, превышает сопротивляемость частиц почвы или грунта.

Эрозию почв, вызванную поливом сельскохозяйственных культур, называют ирригационной. По интенсивности эрозионных процессов обычно различают водную эрозию нормальную, протекающую в условиях естественных ландшафтов, и ускоренную, проявляющуюся главным образом под влиянием антропогенных факторов (большой распаханности, вырубке леса, чрезмерного выпаса скота и др.). Ускоренная водная эрозия проявляется чаще всего в виде смыва (плоскостная эрозия) и размыва (линейная эрозия), плоскостная эрозия — в том случае, когда почва не защищена растительностью, и характеризуется постепенным, более или менее равномерным смывом почвенных частиц талыми или дождевыми водами. На суглинистых почвах она начинается при уклоне местности  $0,5...1^\circ$ , на супесчаных почвах —  $1...2^\circ$ .

Смыв почвы с той или иной степенью интенсивности зависит от многих факторов и прежде всего от особенности климата, орографии местности, сложения рельефа, крутизны склона, механического состава почв, состояния и характера растительного покрова и пр. Х. Беннетт [16] отмечает, что на смыв почвы наибольшее влияние оказывает отсутствие растительного покрова. По его мнению, этот фактор влияет на смыв почв сильнее, чем

## 63. Классификация типов и источников загрязнения рек [154]

Типы загрязняющих воду веществ	Загрязняющие вещества	Обычные источники	Последствия чрезмерного загрязнения	Измерение степени загрязнения, меры контроля и др.
<p>Сточные воды и другие нечистоты, поглощающие кислород</p>	<p>Органические вещества, обычно превращающиеся в устойчивые соединения под влиянием аэробных бактерий, которые потребляют растворенный в воде кислород</p>	<p>Бытовые сточные воды; сточные воды предприятий пищевой промышленности</p>	<p>Острый недостаток кислорода в воде пагубно сказывается на рыбных популяциях. Полное отсутствие кислорода активизирует деятельность анаэробных бактерий, разлагающих нечистоты, что ведет к загниванию воды</p>	<p>Степень загрязнения измеряется в единицах биохимической потребности в кислороде, т.е. количеством растворенного в воде кислорода, поглощаемого при разложении нечистот аэробными бактериями, иногда в эквиваленте микробного населения; включает количество кислорода, поглощаемого не только бытовыми, но и промышленными сточными водами. Основано на средней потребности человека в кислороде, равной 0,17 фунта в день, чтобы стабилизировать ежедневный сток нечистот и связанные с ним потери</p>

Носители инфекции	Возбудители болезней (бактерии, вирусы)	Экскременты человека и животных. Сточные воды кожевенных, мясообрабатывающих (бойни) и других предприятий	Необходимость тщательной очистки для получения питьевой воды. Ущерб для рыболовного промысла (особенно устричного, крабового и т. п.). Ограничение использования рек и водоемов для отдыха и спорта.	Обычно применяется хлор. Полное очищение от бактерий и вирусов, вероятно, в большинстве случаев невозможно, но достигается заметное снижение концентрации микробов
Вещества, представляющие питательную среду для растений	Главным образом соединения азота и фосфора	Бытовые и промышленные сточные воды, воды с полей, содержащие примесь минеральных удобрений	Чрезмерное разрастание водяных растений, ведущее к дополнительному поглощению кислорода и загрязнению, неприятному запаху и ухудшению вкуса воды	Обычные методы очистки сточных вод не удовлетворительны.
Органические соли и кислоты	Моющие средства, инсектициды, многие побочные промышленные продукты	Бытовые и промышленные сточные воды, содержащие примесь пестицидов, и др.	Опасность для рыб, животных и птиц. Угроза длительных желудочно-кишечных заболеваний для человека	Очень часто не устраняется обычными методами очистки сточных вод
Минералы и неорганические соли и кислоты	Поваренная соль; кислоты, соли металлов, цианистые и другие соединения	Горнодобывающая промышленность; производственные процессы; естественные залежи (например, соли)	Дополнительные трудности для производственных процессов; явная или скрытая интоксикация людей и животных, плохой запах и вкус воды; коррозия оборудования (промышленного, навигационного, гидростанций)	Устранение часто связано с большими затратами

Типы загрязняющих воду веществ	Загрязняющие вещества	Обычные источники	Последствия чрезмерного загрязнения	Измерение степени загрязнения, меры контроля и др.
Твердый сток	Главным образом частицы почвы и горных пород, а также некоторые побочные промышленные продукты	Эрозия почвы ливневыми и паводковыми водами и др. Сточные воды целлюлозных заводов и др. предприятий	Засорение и заиление рек, озер, водохранилищ, водных путей; удорожание мер по очистке, помехи в производственных процессах; коррозия оборудования; уменьшение количества рыб	Мероприятия по охране почв и борьбе с паводковыми водами, а также улучшение технологии производства
Радиоактивные вещества		Горнодобывающая промышленность (горное дело; разработка месторождений), получение химически чистых урана и тория; атомные реакторы; медицинские и научно-исследовательские учреждения	Опасность для здоровья всех живых существ; небольшие количества, постепенно откладываясь в водных растениях и животных и осадочных отложениях, концентрируются и со временем становятся все опаснее	Может быть обнаружено при помощи автоматических контрольных приборов. Профилактика сводится к правильному захоронению радиоактивных отходов. Проблемы удаления радиоактивных отходов в будущем будут иметь решающее значение. Обычные методы очистки воды неэффективны. Вред уменьшается при повторном использовании одних и тех же объемов воды для охлаждения, при правильном выборе места расположения предприятия; при использовании водосоемов для сброса воды и башенных охладителей
Тепловое загрязнение	Нагретая вода, сбрасываемая в реки и озера	Электростанции с паровыми турбинами; сталелитейные заводы; очистительные заводы; другие охлаждающие установившиеся	Уменьшение содержания кислорода в воде, ведущее к замедленному или неполному разложению нечистот и причиняющее ущерб водным организмам	

крутизна и длина склона. Для смыва 18-сантиметрового слоя почвы (пылеватого суглинка) на склоне крутизной  $9^\circ$  (Лакросс, штат Висконсин) с участка, занятого травами, потребуется около 10 тыс. лет при ежегодном смыве 0,22 т/га, в то время как с участка, находящегося под культурами севооборота, только 36 лет при ежегодном смыве 62,67 т/га, а с участков, занятых кукурузой и паром, всего 9 и 5 лет при ежегодном смыве почв соответственно 250,2 и 427,8 т/га.

Аналогичные данные о влиянии растительного покрова на смыв почвы были получены в северной части штата Техас [16]. Подобный вывод сделан и А. С. Козменко [79]. По его мнению, защитная противоэрозионная роль растительного покрова заключается в способности своей корневой системой предотвращать и замедлять скорость текущей воды, задерживать твердый сток и изолировать движущиеся по поверхности потоки от непосредственного соприкосновения с почвой. Распашка растительного покрова на склонах большой крутизны создает условия для развития эрозионных процессов.

Наибольшую опасность представляет линейная эрозия почв, возникающая в виде отдельных или сети многочисленных струйчатых размывов глубиной до 30...50 см, которые в последующем под влиянием концентрированных потоков могут превращаться в более опасную форму линейной эрозии — в промоину, овраг и являются главными источниками загрязнения и заиления водоемов продуктами смыва. Водная эрозия наблюдается везде, где есть неурегулированный поверхностный сток. Примерные подсчеты показывают, что только в европейской части СССР на площади около 50 млн. га почвы подвержены водной эрозии, которая наносит немалый вред водным источникам, резко ухудшая их санитарное состояние.

Серьезный вред водным экосистемам наносит ветровая эрозия, при которой в водоемы поступает большое количество загрязняющих их твердых частиц (почвы, песка и др.), растительных остатков и других продуктов. Водная и ветровая эрозия — грозный спутник полевых и водных ландшафтов в районах с семиаридным климатом.

Эрозии подвержены почвы всех континентов мира. В США ею охвачено свыше 400 млн. га пашни и пастбищ, из которых более 100 млн. га — в сильной степени; в результате эрозии уносится 92 млн. т соединений фосфора, калия, азота и других веществ. Это превышает количество вносимых в поля минеральных удобрений [16].

По определению Г. Конке и А. Бертрана [83], на востоке США было разрушено эрозией и потеряно в среднем 7,5 см

верхнего, наиболее плодородного слоя почвы. Х. Беннетт [16] подсчитал, что для восстановления 2,5-сантиметрового слоя почвы при хорошем растительном покрове необходимо 300...1000 лет и более. Ежегодно около 200 тыс. га земель в США становятся непригодными для использования в сельском хозяйстве. Наряду с этим серьезной проблемой стали потери от эрозии, выразившиеся в ухудшении местообитаний рыб и дичи, в перегружении рек продуктами сноса и смыва почвы, что способствует быстрому заилению водоемов (годовой объем заилиения водохранилищ США составляет 1,05 млрд. м<sup>3</sup>), снижению их ценности как источников водоснабжения, затруднению судоходства и снижению потенциальной энергии воды. Немалый ущерб наносит береговая эрозия, которой подвержено 480 млн. км берегов рек и водоемов. Из-за разрушения берегов ежегодно в водоемы поступает около 500 млн. т наносов, на удаление которых государство расходует 250 млн. долл.

Система противоэрозионных мероприятий на водосборах позволяет сократить объем наносов, поступающих в водоемы на 50 млн. т ежегодно. Однако это составляет только 1% общей массы почвы, уносимой поверхностным стоком, а мероприятиями охвачено только 3% территории страны. Муррей и Ловри считают, что можно добиться сокращения загрязнения вод продуктами поверхностного стока на 70% при надлежащем обращении с землей [233].

Серьезный источник загрязнения вод и заилиения водоемов Канады — также довольно широко распространенные эрозионные процессы. В Испании ежегодный смыв почвы характеризуется приблизительно 5-миллиметровым слоем [174, 175]. Около 50% всех сельскохозяйственных земель Австрии подвержено ветровой эрозии. Значительное распространение получили селевые потоки, поэтому проблема борьбы с эрозией, в том числе с поверхностными смывами и сносами, глубинными и боковыми размывами, оползнями, приобретает здесь особое значение.

Основной вид эрозии в ФРГ — водная. В результате эрозионных процессов в водоемы поступает большое количество твердого стока. Они же причина поступления в водные источники 15% фосфатов от общего их количества, вносимого в почву, во Франции около 30% территории занимают горы и возвышенности. Характер рельефа и довольно слабая противоэрозионная устойчивость — главные факторы развития эрозионных процессов, которые наносят ощутимый ущерб хозяйству страны. В результате водной эрозии происходит заилиение рек, каналов и других водоемов, уничтожаются ценные угодья в долинах рек, разрушаются мосты, плотины, пути сообщения, линии связи и др.



Значительное распространение получила эрозия и в других странах. В Болгарии в разной степени эродированные земли составляют около 47% общей площади страны. В Венгрии, по ориентировочным данным, эрозионным процессам охвачено около 31% территории. В результате эрозионной деятельности большое количество почвы (ориентировочно 140...150 млн. т) перемещается и перераспределяется на склонах, 20...30% почвы откладывается на дно долин и водоемов. Вместе с почвой, сносимой с сельскохозяйственных земель, вымывается около 700 тыс. т гумуса и большое количество химических веществ, значительная часть которых попадает в водоемы. В ГДР в противоэрозионной защите нуждается около 6 млн. га земель. На Кубе около 70% территории в разной степени охвачено эрозионными процессами; почти на 46% территории страны требуются неотложные меры для защиты почв от эрозии. Около 3 млн. га сельскохозяйственных земель в Польше также подвержено водной эрозии, из них около 1 млн. га в сильной степени. В среднем в год с территории Польши водными стоками сносится около 5 млн. т почвы и примерно такое же количество осаждается у подножий склонов. В Румынии эрозией почв охвачено более  $\frac{1}{3}$  всей территории страны; эрозионным процессам подвержено около 60% всех сельскохозяйственных земель. Под оврагами, обрывами и селевыми размывами находится почти 100 тыс. га [60]. Почти 4 млн. га в основном пахотных земель подвержено водной и ветровой эрозии в ЧССР.

В нашей стране водная эрозия распространена в Центрально-Черноземной зоне, на Украине, в Молдавии, Ростовской и Саратовской областях, на Северном Кавказе, Среднем Поволжье, а ветровая, главным образом, в Казахстане, на юге Украины, в Нижнем Поволжье, в равнинных областях Северного Кавказа, в Средней Азии, Бурятии, Башкирии и Хакасии [105]. Наибольшую тревогу вызывает развитие эрозионных процессов в центральных и южных районах европейской части страны, где водной и ветровой эрозии подвержено около  $\frac{1}{5}$  площади пашни, лугов и пастбищ. В результате неурегулированного поверхностного стока ежегодно теряется около 30...35 млрд. км<sup>3</sup> талых и дождевых вод, смывающих в целом по стране свыше 500 млн. т продуктов эрозии, в составе которых содержится большое количество химических и других веществ. Все это ведет к заилению рек, озер, каналов и других водоемов. Волга, например, несет 35 млн. т взвешенных частиц, Дон — 7, Урал — 3,5, Днепр — 1,5 млн. т. Сильно разрушает почву эрозия в горных районах страны. Только в Азербайджанской ССР эрозионным процессам подвержено около 40% всей территории респуб-

лики. Если в реки равнинной европейской части СССР поступает за год около 47 млн. т продуктов эрозии, то в реки Азербайджана — более 48 млн. т [174].

Наибольшую опасность водная эрозия представляет в горных районах Средней Азии. В результате интенсивных ливней там нередко формируются селевые потоки; они отличаются внезапностью и непродолжительностью, выносят с гор большое количество мелкозема, щебня и камней. Селевые потоки формируются в бассейнах горных рек и сухих логов; насыщенность их наносами достигает 30...70% по весу. Около  $\frac{1}{4}$  горных и предгорных районов СССР входит в зону влияния селевых потоков. Они расположены на территории одиннадцати союзных республик. Количество горных селеопасных бассейнов превышает 5 тыс. Особенно селеопасны Средняя Азия, Кавказ, Крым, Карпаты, горные территории Казахстана. Сели бывают на Урале, в Саянах, на востоке Сибири. Селевой поток в бассейне р. Малой Алмаатинки (Казахская ССР) в 1921 г. вынес более 3 млн. м<sup>3</sup> продуктов твердого стока, т. е. в среднем около 50 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>. Обычные паводки, несущие взвеси, заливают реки и водоемы и заносят их донными наносами. Турбулентные селевые потоки более интенсивно (в 5...10 раз быстрее) заиливают и заносят водные объекты.

Отрицательное влияние на качество вод, на режим и эксплуатацию водных объектов оказывает абразия берегов. Береговые склоны разрушаются волнами не на всех участках, а в основном там, где нормальный подпорный уровень (НПУ) проходит по крутому уступу надпойменной террасы, а также по современному коренному берегу реки. Наблюдения показали, что разрушению (переформированию) обычно подвергаются 40...70% береговой линии водохранилищ. На Горьковском и Куйбышевском водохранилищах абразии подвержено не менее 50% береговой линии, по водохранилищам Рузского гидроузла — около 60%, по Цимлянскому — до 70%.

Ширина зоны разрушения берегов колеблется в пределах 5...400 м и зависит в основном от геолого-литологического строения и морфологических особенностей береговых склонов, ширины водоема, разгона ветровых волн, их высоты и пр. Разрыв берега происходит по этапам. Первый этап — образование ниш под действием волн в приузловой части берега; второй этап — обрушение берега; третий этап — измелчение обрушившейся массы породы и образование отмели. Наиболее интенсивно берега обрушиваются в первые годы после заполнения водохранилищ; в последующий период берега переформируются медленнее, и, как правило, он длится десятки и сот-

ни лет. Различают начальную стадию переработки берегов с наиболее интенсивным обрушением, которая обычно продолжается первые 10 лет, и конечную стадию. Это важно при разработке противоэрозионных мероприятий.

Наблюдения за разрушением берегов водохранилищ (Истринского, Можайского, Рыбинского, Новосибирского, Горьковского и др.) показали, что одни участки береговой полосы разрушаются и отступают быстрее, чем другие.

Интенсивное разрушение берега наблюдалось на водохранилище Новосибирской ГЭС, особенно в районе между с. Гуселетово и г. Бердском, где обрушилось 4,5 млн. м<sup>3</sup> грунта, на Цимлянском и Каховском водохранилищах. Разрушение берегов и подпор грунтовых вод при создании водохранилищ способствует в большинстве случаев интенсификации оползневых процессов или создают условия для развития оползней там, где их раньше не было. В результате эрозионной и абразивной деятельности водохранилища и русла судоходных рек ежегодно поступают сотни миллионов кубометров твердых выносов, которые образуют мели и перекаты. Так, в мае 1915 г. возле селения Верхний Мамон во время ливня выносами из левобережного суходола в течение 2 ч было запружено русло Дона, имевшее здесь ширину около 200 м. Подобное явление наблюдалось и в 1928 г. Аналогичный случай отмечен в 1932 г. на Днепре (Каневский район, с. Селище), где во время ливня выносами было запружено русло, что приостановило судоходство на несколько дней [80].

Большой вред эрозия приносит небольшим водоемам. Нередко пруды заиливаются со скоростью 25 см и более в год. В Молдавии с ее пересеченным рельефом срок заиления около половины обследованных прудов составляет 8...10 лет. Нередко пруды и небольшие водохранилища заиливались продуктами эрозии в течение 3...5 лет. Известны случаи, когда даже крупные водохранилища заиливались в очень короткие сроки. Водохранилище Ак-Су в Дагестане с бетонной плотиной высотой 12 м было полностью заилено за 3 года. Штеровское водохранилище на р. Миус (Донбасс) за 5 лет заилено на 85%, Гергемильское за 8 лет — на 80%. Объем ежегодных отложений в Мингечаурском водохранилище составляет 43,2 млн. м<sup>3</sup>. Чирюртское водохранилище за 1959—1968 гг. заилено на 99% [93].

Полностью заилены водохранилища Иолотанское, Гиндукушское, Султанбентское, построенные на р. Мургаб еще в дореволюционное время; Ташкепринское русловое водохранилище на р. Мургаб, введенное в эксплуатацию в 1940 г., к 1962 г.

заилилось более чем на 85%, а первое Тедженское водохранилище, введенное в эксплуатацию в 1950 г., к 1962 г. заилилось более чем на 44% [212]. Фархадское водохранилище на Сырдарье полностью заилилось в течение 10...15 лет; быстро заиливается Каракумское водохранилище на той же реке.

Серьезный источник загрязнения вод и заилиения водоемов — половодья и наводнения. Ухудшают качество воды, особенно в районах недостаточного увлажнения, сбрасываемые в водоемы возвратные воды орошения. Количество их превышает суммарное количество бытовых и промышленных сточных вод. Они значительно повышают минерализацию вод [13]. Одна из причин значительного ухудшения качества поверхностных вод — развитие в водохранилищах сине-зеленых водорослей — цветение воды. Особенно большую остроту проблеме цветения придают высокая токсичность некоторых водорослей и возможная связь их массового развития с эпидемией холеры, возникновением желудочно-кишечных и аллергических заболеваний.

## **V. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ ЗАИЛЕНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

### **1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧИСТОТЕ ВОДОИСТОЧНИКОВ**

Тщательный анализ санитарно-гигиенического состояния водоемов, основных факторов нарушения водной среды и водно-экологических систем свидетельствует о необходимости разработки и осуществления широкого комплекса водоохраных и водозащитных мероприятий, направленных на сохранение природных вод и их качества, поиск наиболее эффективных и экономичных путей и способов защиты водно-экологических систем, сохранения водных ресурсов. При разработке и осуществлении комплекса водоохраных мероприятий важно прежде всего учитывать водопользование, так как при изменениях состава и свойства вода в водоемах может стать непригодной для водоснабжения или даже опасной для здоровья населения, оставаясь в то же время пригодной для рыбного и сельского хозяйства. Загрязнение водоема сточными водами, в которых содержатся патогенные кишечные микроорганизмы, соединения свинца или фтора в значительных количествах, опасно лишь для здоровья людей, в то время как содержание соединений цинка или меди в такой же концентрации оказывается вредным лишь для рыбного хозяйства. Вследствие этого неизбежны дифференциация требований к составу и свойствам воды водных объектов, а следовательно, и различный подход к разработке мероприятий для их охраны и защиты.

**64. Общие требования к составу и свойству воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [151]**

Показатели состава и свойства воды водоема или водотока	Требования в зависимости от категории водопользования	
	для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для водоснабжения пищевых предприятий	для купания, спорта и отдыха населения, для водоемов в черте населенных мест
Взвешенные частицы	Содержание взвешенных частиц не должно увеличиваться больше чем на: 0,25 мг/л   0,75 мг/л Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ, допускается увеличение содержания взвешенных частиц в воде до 5% Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещены	
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должно быть плавающей пленки, пятен минеральных масел и скопления других примесей	
Запахи, привкусы	Вода не должна иметь запахов и привкусов интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемых: непосредственно или при последующем хлорировании   непосредственно Мясо рыб не должно иметь посторонних запахов и привкусов	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике: 20 см   10 см	
Температура	При спуске сточных вод летняя температура воды не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Реакция	Не должна выходить за пределы 6,5...8,5 рН	
Минеральный состав	Не должен превышать 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л	Нормируется по приведенному выше показателю «Привкусы»
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/л в любой период в пробе, отобранной до 12 ч дня	
Биохимическая потребность в кислороде	Полная потребность воды в кислороде при 20°С не должна превышать: 3 мг/л   6 мг/л	

Показатели состава и свойства воды водоема или водотока	Требования в зависимости от категории водопользования	
	для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для водоснабжения пищевых предприятий	для купания, спорта и отдыха населения, для водоемов в черте населенных мест
<b>Возбудители заболеваний</b>	Не должна содержать возбудителей заболеваний. Биологически очищенные бытовые сточные воды обеззараживают до коли-индекса не более 1000 в 1 л при остаточном хлоре не менее 1,5 мг/л	
<b>Ядовитые вещества</b>	Не должны содержаться в концентрациях, которые могут прямо или косвенно оказать вредное действие на организм и здоровье населения	

В табл. 64 [151] приведены требования к составу и свойству воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования. Они значительно отличаются от общих требований к показателям состава и свойству речных, а также прибрежных морских вод. Особые требования предъявляются к воде, используемой для рыбохозяйственных целей. Это еще не всегда учитывается в полной мере при организации охраны водных объектов. Дальнейший рост промышленного и сельскохозяйственного производства потребует усиления внимания к охране водных источников, разработке и осуществлению наиболее эффективных мероприятий.

В основу водоохраных мероприятий должно быть положено полное очищение или максимально возможное уменьшение степени загрязнения водоемов, разумное сокращение потребления свежей воды и полное прекращение сброса неочищенных сточных вод в водные источники. Этого можно достичь только при взаимоувязанном комплексе мероприятий как на предприятиях и водных объектах, так и на водосборных территориях бассейнов рек, водохранилищ и других водоемов. Основные элементы этого комплекса — организационные и инженерные, почвозащитные, агротехнические и агролесомелиоративные мероприятия.

## **2. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ВОДНОЙ СРЕДЫ**

Наиболее важная роль в проблеме охраны и защиты водоемов от загрязнения вредными веществами и заиления принадлежит организационно-хозяйственным мероприятиям.

К первой группе этих мероприятий относятся запрещение ввода в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, коммунальных и других объектов, не обеспеченных очистными устройствами, а также строгий контроль за сбросом сточных вод в водоемы, соблюдением действующих правил и норм водопользования. Важное организационное мероприятие — систематический контроль за работами, направленными на борьбу с эрозией почв, сохранение водоохраных и защитных функций лесных насаждений, водорегулирующей роли торфяных массивов. Требуется контроль, особенно в сельском хозяйстве, применение различных химических веществ, являющихся наиболее опасными загрязняющими водные источники веществами.

Огромное значение имеет нормирование воды на единицу продукции. Внедрение научно обоснованных норм водопотребления и водоотведения с учетом качества воды поможет сократить объем сточных вод и уменьшить концентрацию загрязняющих веществ.

Министерством мелиорации и водного хозяйства, Главным государственным санитарным врачом и Министерством рыбного хозяйства СССР в 1974 г. утверждены новые «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», в которых установлены нормативы качества воды для различных видов водопользования, а также предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде санитарно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Вторая группа мероприятий связана с обезвреживанием сточных вод при помощи инженерных решений. Способы обезвреживания сточных вод многообразны. Главнейшие из них: очистка сточных вод специальными установками или путем использования полей орошения и фильтрации; отведение вод, которые нецелесообразно очищать, в бессточные искусственные или естественные водоемы; уничтожение остатка выпариванием и сжиганием его; разбавление сточных вод чистой водой до безопасной концентрации. В каждом случае нужно найти наиболее целесообразное, с учетом экономического фактора, сочетание различных приемов. В ближайшей перспективе в решении проблемы охраны и очистки вод большое значение будут по-прежнему иметь различные очистные и утилизационные сооружения.

Для сточных вод применяют механическую, биологическую, химическую очистки; для ликвидации бактериального загрязнения воду обеззараживают (дезинфицируют). Широкое распространение в нашей стране получило строительство очистных

сооружений для полной биологической очистки. Однако в связи с развитием химических производств, вырабатывающих высокополимерные продукты, появилась необходимость в предварительной подготовке сточных вод на локальных очистных сооружениях с использованием химических и физико-химических методов очистки (сорбции, экстракции, эвапорации, коагуляции, флотации, электролиза, ионного обмена, кристаллизации и др.). Очень эффективными в осветлении наиболее загрязненных сточных вод на Братском лесопромышленном комплексе оказалось создание в дополнение к действующим очистным сооружениям двух систем биосорбционной очистки. Внедрение этих систем повысило эффективность удаления органических загрязняющих веществ из сточных вод и одновременно снизило содержание в них остаточных взвешенных веществ. В дальнейшем для улучшения работы очистных сооружений и стабилизации качества очищенных сточных вод была внедрена эрлифтная система циркуляции сточных вод и активного ила в усреднителе и другие системы.

Перспективны методы обессоливания сточных вод, к которым относят выпаривание, обратный осмос, дистилляцию и вымораживание. Один из самых распространенных методов обезвреживания промывных сточных вод — хлорирование. Для отстаивания и естественной очистки сточных вод из ливневой канализации устраивают буферные водоемы, в некоторых случаях сооружают специальные очистные сооружения в устьях водосточков.

Для предотвращения загрязнения водоемов, особенно малых рек, сточными водами небольших объектов (пионерских лагерей, домов отдыха, турбаз, бензоколонок и т. п.) используют экономичные малогабаритные сооружения биологической очистки (КУ, «кристалл», «Вихрь» и др.). Резко снизить количество загрязняющих воду веществ при лесосплавных работах можно путем сокращения молевого сплава, транспортировки леса в плотках и судах. Необходима также очистка рек от затонувшей древесины.

Большое значение в борьбе с загрязнением водоемов сточными водами имеет совершенствование технологии производства, позволяющей исключить сброс сточных вод, сократив при этом потери сырья и продукции. Основная технологическая задача — переработка отходов в месте и в момент их возникновения. Особая роль в этом направлении принадлежит внедрению безотходной технологии, комплексным схемам очистки и использования сточных вод с максимальным использованием водооборотных систем, повторному использованию вод, утили-



зации извлеченных веществ, а также безводным процессам.

Основные направления развития безотходных процессов — разработка и внедрение бессточных систем, оборудования для утилизации отходов, принципиально новых физико-химических процессов, устраняющих причины, при которых образуются отходы, строительство безотходных территориально-промышленных комплексов. Черной металлургией ежегодно сбрасывается в окружающую среду несколько миллионов тонн шламов, отходы травильных отделений, фенолы, цианиды и т. д. Значительное количество шлака образуется при выплавке чугуна. Шлаки сейчас широко используют в строительстве, для получения шлаковаты, цемента, пемзы и щебня. В ближайшие годы на всех металлургических предприятиях шлаковые отвалы намечается ликвидировать. Развитие гидрометаллургических методов переработки руд и концентратов в различных отраслях цветной металлургии на основе использования автоклавных, сорбционных, экстракционных и мембранных процессов — перспективное направление безотходного производства.

Большие успехи достигнуты в разработке новых технологических процессов в целлюлозно-бумажной промышленности. Освоено дрожжевое производство, применяют непрерывные методы варки, щелочно-кислородную отбелку; разработаны методы получения активированных углей и ионообменных материалов из лигнинсодержащих продуктов. Сухое формирование бумаги исключает потребность в воде.

Безотходной является технология комплексной переработки нефелинов. Разработаны эффективные методы утилизации почти всех основных типов промышленных отходов. В нашей стране многие технологические процессы из жидкой фазы переводят в газовую, воду заменяют другими растворителями, осуществляют комплексную обработку сырья, внедряют «сухие» процессы вместо «мокрых», водяное охлаждение заменяют воздушным, применяют так называемое испарительное охлаждение. Так, безводные технологические процессы при получении новых видов синтетического каучука значительно сократили образование концентрированных сточных вод. Большое значение имеет извлечение из сточных вод ценных примесей. Например, на содовых заводах путем специальной обработки из сточных вод можно извлекать хлористый кальций и хлористый аммоний. Это, помимо резкого снижения загрязнения сточными водами водоемов, дает большой экономический эффект, исчисляемый сотнями миллионов рублей.

Эффективный метод борьбы с загрязнением водоемов сточ-

ными водами — повторное и оборотное водоснабжение. Оборотное водоснабжение позволяет резко снизить расход свежей воды и предотвратить поступление в водоемы различного рода сточных вод. На 1 т обогащенной медной руды обычно расходуют 80 м<sup>3</sup> воды, а при замкнутом цикле ее требуется только 4 м<sup>3</sup>. Полный оборотный цикл внедрен сейчас на многих предприятиях.

Внедрение бессточных схем, разработка научных основ технологии с преимущественным использованием замкнутых циклов резко снижают или полностью исключают образование производственных отходов и сточных вод. Особого внимания заслуживает проект замкнутой бессточной технологии для предприятий хлорной промышленности на Первомайском химическом комбинате (Украина), которым наряду с созданием локальных очистных установок предусматривается организация оборотных систем с использованием в производственных процессах очищенных сточных вод, а также извлечение из них и утилизация ценных веществ. Схемы бессточных производств разработаны и для предприятий других отраслей народного хозяйства. Начато внедрение новой технологии с замкнутой водооборотной схемой на Селенгинском целлюлозно-картонном комбинате. По бессточной схеме работают Львовская и Суоярвская картонные фабрики. На ряде предприятий черной металлургии использование воды в системах оборотного водоснабжения достигает 98%; на предприятиях нефтяной промышленности — 94% [14].

Особого внимания заслуживает рациональное использование и экономия воды в сельском хозяйстве — самом крупном водопотребителе из всех отраслей народного хозяйства, а также предотвращение загрязнения водных источников вредными веществами в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства. В 1971 г. Совет Министров СССР утвердил Устав эксплуатационной службы органов мелиорации и водного хозяйства СССР, которым определены основные организационные и правовые вопросы водопользования и эксплуатации гидромелиоративных систем. Важный фактор в охране водоемов — использование сточных вод после их очистки для орошения сельскохозяйственных культур. В орошаемых сточными водами растениях за 5...10 суток полностью обезвреживаются такие вещества, как анилин, ацетон, бензол и др. Определена возможность использования на орошение хозяйственно-бытовых и животноводческих сточных вод, а также сточных вод пищевой промышленности (крахмальных, сахарных, дрожжевых, пивоваренных и других заводов).

Актуальная проблема охраны природы и защиты водных ресурсов от загрязнения агрессивными сточными водами — обезвреживание и рациональное использование сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО). На ЗПО происходит почвенная биологическая очистка, заключающаяся в постепенном разложении под действием почвенных микроорганизмов органических веществ сточных вод до простейших минеральных соединений — углекислоты, солей, отдельных элементов (азота, фосфора, калия и др.) и воды. При почвенном обезвреживании сточных вод в почве удерживается азот, фосфор и калия соответственно в 2,2; 3,3; 4,3 раза больше, чем при искусственной их очистке. Почва — своего рода естественная лаборатория, где активно протекают сложные биохимические процессы, обеспечивающие высокую степень очистки сточных вод, полное освобождение от яиц гельминтов и от патогенной микрофлоры. Очень важно, что почвенные способы очистки исключают непосредственное поступление сточных вод в поверхностные воды. Особенно велико значение ЗПО в бассейнах малых рек, где из-за недостаточной кратности разбавления не может быть допущен сброс сточных вод даже после их биологической и биохимической очистки.

### **3. ОСНОВНЫЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Совсем недавно главным источником загрязнения вод считали промышленные, коммунально-бытовые и другие сточные воды, сбрасываемые в реки, озера, водохранилища и другие водоемы без предварительной очистки. Теперь в результате принимаемых в нашей стране мер на пути промышленных и других сточных вод к водоемам создается надежный заслон. Заметно повышается качество воды, оживают реки, озера и другие водоемы, в которых, казалось, уже никогда не будет жизни. Однако поверхностный сток с полей, являющийся основным поставщиком продуктов эрозии, ядохимикатов и биогенных веществ в водоемы, обезвредить с помощью очистных сооружений вряд ли возможно. Здесь нужны особые решения, обусловленные в значительной степени спецификой формирования поверхностного стока и его характера.

Большое значение в борьбе с загрязнением водоемов при правильной организации сельскохозяйственной территории имеют противозерозионные агротехнические мероприятия, направленные главным образом, на предотвращение поверхностного стока вод, смыва и размыва почв, а также на разрушение и пе-

ренос почвы ветром. Агротехническими мероприятиями можно добиться резкого повышения сопротивляемости почв смыву и выдуванию, увеличения их водопоглощающих свойств, уменьшения скорости ветра в приземном слое, а также накопления и сбережения влаги в почве.

Многолетними исследованиями и практикой доказано, что наиболее эффективный способ противозерозионных агротехнических мероприятий — правильная обработка почв, а именно: соблюдение сроков ее проведения, глубины, направления, приемов ее обработки с учетом конкретных почвенно-климатических условий (валкования, бороздования, крестования и прерывистого боронования, лункования и других способов обработки зяби; кротования и щелевания склонов, плоскорезной, полосной обработки, снегозадержания, удобрения эродированных почв, мульчирования и др.). Важную роль в предохранении почв от эрозии играет залужение многолетними травами пастбищ на склонах сенокосов и других сельскохозяйственных угодий.

Наиболее важный элемент агротехнического комплекса в борьбе с эрозией почв — противозерозионная обработка почвы, в задачу которой входят прежде всего борьба с поверхностным стоком вод и смывом почвы, а также улучшение ее водного, воздушного, теплого и питательного режимов. Такая обработка почвы благоприятно воздействует на скважность, скорость впитывания и фильтрацию воды, что оказывает существенное влияние на уменьшение поверхностного стока вод и смыв почвы. Влияние обработки в различных почвенно-эрозионных условиях не одинаково, поэтому к выбору приемов обработки почвы следует подходить дифференцированно, с максимальным учетом всех факторов, взаимное влияние которых способствовало бы сохранению почвы, а в условиях эрозии — ее прекращению. Перед обработкой почвы на склонах, подверженных эрозии, необходимо определить, какой вид ее целесообразен в этих условиях — сплошная или полосная обработка, или можно ограничиться рыхлением почвы небольшими площадками. При небольшой длине склона сплошная обработка почвы допускается при уклоне до  $12^\circ$ , а при большой — до  $7^\circ$ . Полосную обработку применяют чаще всего на участках с уклонами более  $12^\circ$  поперек склонов; ширина полос в этом случае 10...20 м и на более крутых склонах — 5...10 м. На очень крутых склонах рекомендуют обрабатывать почву площадками.

Глубокая пахота — один из наиболее важных и доступных элементов противозерозионной агротехники. Чем глубже обработана почва, тем быстрее и в большем количестве она впитывает воду, уменьшает поверхностный сток и смыв почвы. Хоро-

шие результаты по увеличению водопроницаемости, задержанию поверхностного и внутрипочвенного стоков на пологих склонах дает отвальная ступенчатая вспашка. В ряде случаев при борьбе с эрозией почв целесообразно рыхление подпахотного горизонта (почвоуглубление, шелевание, кротование и др.). Существенное значение имеет также направление пахоты. Лучше всего, когда основную пахоту и последующую обработку осуществляют по горизонтали, особенно на склонах с меняющейся экспозицией. Вспашка поперек склона и, особенно, контурная, увеличивает запасы воды, уменьшает поверхностный сток и существенно снижает смыв почвы. Она уже широко практикуется в районах со сложным рельефом.

Положительное влияние на уменьшение стока талых вод, сокращение водной и ветровой эрозии оказывает валкование (обвалование) зяби. Исследованиями установлено, что валкование значительно сокращает смыв почвы, увеличивает запасы влаги, снижает коэффициент стока талых вод и повышает урожайность. Так, проф. С. С. Соболев отмечает, что обвалование зяби и паров временными земляными валиками высотой 15... 25 см сокращает или полностью прекращает смыв почвы, увеличивает запасы влаги в метровом слое почвы на 20... 80 мм [174, 175]. Аналогичные результаты получены и другими исследователями.

Эффективным средством предотвращения эрозии служит бороздование зяби, которое проводят поперек склонов или вдоль горизонталей местности. Расстояния между бороздами делают разные. Часто бороздование осуществляют в сочетании с валкованием. Это наиболее эффективное противоэрозионное мероприятие. Хорошие результаты получены при обработке почвы на зябь с бороздованием и почвоуглублением. Обращать почву, сочетая валкование с бороздованием, можно плугами с одним снятым и одним увеличенным отвалом. Нередко используют и другие приемы — крестование и прерывистое бороздование зяби. Крестование зяби заключается в проведении борозд сначала вдоль, а затем поперек склона, с последующей засыпкой борозд в местах их пересечения. Прерывистое бороздование — это нарезка прерывистых борозд поперек склонов однокорпусным плугом или орудком. Борозды в обоих случаях проводят на расстоянии 5... 10 м одна от другой. По мнению Г. П. Сурмача, прерывистое бороздование зяби не всегда эффективно. Так, в условиях Черниговской лесостепи, по 10-летним наблюдениям на Придеснянском опытном пункте, бороздование увеличило поверхностный сток вод на 6 мм. Не дало оно положительных результатов и в Новосильской

АГЛОС, а на Камышинском опорном пункте в 1947 г. дало отрицательные результаты [184, 185, 186].

Крестование в связи со значительной затратой ручного труда для устройства перемычек в местах пересечения продольных и поперечных борозд и невысокой его эффективности неперспективно. Хорошо задерживает влагу и положительно влияет на повышение урожайности на почвах тяжелого механического состава, расположенных на склонах, кротование зяби. Осуществляют его нарезкой сети дрен диаметром 5...6 см на глубине 40...50 см от поверхности. Поверхностный сток при этом способе обработки почвы резко сокращается, а следовательно, уменьшается и смыв почвы.

Для поглощения ранневесеннего поверхностного стока воды и предотвращения эрозии почв применяют лункование — обработку зяби с одновременным созданием сети ячеек (лунок) на полях с уклоном 3...4°. К лункованию зяби можно отнести все приемы обработки почвы, при которых образуются различные бессточные емкости, а именно: борозды с перемычками, корытообразное лункование, микролиманы, овальные лунки и пр. Лункование можно проводить одновременно со вспашкой зяби и раздельно; во втором случае лунки на зяби лучше делать поздней осенью.

Для борьбы с эрозией почв устраивают валы-террасы с широким основанием на склонах крутизной до 8°. Они значительно сокращают поверхностный сток, улучшают увлажнение почв и способствуют прекращению смыва. Для сокращения интенсивности процессов водной эрозии часто используют агротехнический прием, называемый щелеванием зяби. Щели нарезают поперек склона, вдоль горизонталей через 10...14 м перед непосредственным замерзанием почвы.

Ведущая роль в предупреждении ветровой эрозии принадлежит плоскорезной обработке почвы с сохранением на поверхности стерни и других пожнивных остатков, а также с применением удобрений. Стерня уменьшает скорость ветра в приземном слое, способствует накоплению снежного покрова, предотвращает поверхностный сток, что в целом защищает почву от ветра и тем самым предупреждает ветровую эрозию. Такую почвозащитную систему земледелия применяют на значительных площадях. Песчаные почвы, легко подвергающиеся ветровой эрозии, требуют особого внимания при обработке и подборе сельскохозяйственных культур. Наиболее эффективны против эрозии посевы по стерне зерновых и пропашных культур с обработкой и без обработки почвы, безотвальная вспашка,

а также вспашка с сохранением стерни, закладка кулис из высокостебельных растений и др.

Важное средство борьбы с эрозией почвы — снегозадержание и регулирование снеготаяния весной. Снегозадержание осуществляют путем поделки валов снегопахами, посева кулис из высокостебельчатых растений, полосного прикатывания снега катками и др. Наиболее эффективный способ снегозадержания, регулирования снеготаяния и задержания талых вод — валкование снега снегопахами-валкователями. Для регулирования снеготаяния на зяби применяют зачернение снега, используя для этого золу, сухую торфяную крошку и фосфоритную муку. Ширина полос зачернения 4...5 м, расстояние между ними 10...20 м.

В борьбе с эрозией почв часто пользуются мульчированием почвы. Для мульчирования применяют стерню, солому, навоз, торф, опилки и др. Наиболее рациональный метод мульчирования — использование стерни и пожнивных остатков. Кроме того, в борьбе с водной и ветровой эрозией применяют полимеры. В основу этого метода положено повышение водопрочности структурных агрегатов и создание на поверхности почвы сплошной тонкой корки, предотвращающей разрушение почвы ветром и водой.

Особое место в борьбе с эрозией и повышении продуктивности земель занимают лугомелиоративные мероприятия. Для закрепления сильноэродированных почв на склоновых пастбищах и на легких эродированных почвах сеют травы. При правильном использовании трав на эродированных землях можно получать хорошие урожаи сена в течение 4...5 лет.

В Советском Союзе широко применяют коренное и поверхностное улучшение сенокосно-пастбищных и других угодий. Опыт научных учреждений, а также передовых хозяйств показал, что таким путем можно резко повысить продуктивность травостоев и предохранить почвы от эрозии. При поверхностном улучшении травостоя частично уничтожают дернину и подсевают многолетние травы с внесением удобрений; для коренного улучшения травостоя применяют сплошную распашку травяного пласта с посевом многолетних трав.

На пологих склонах пахут под зябь; крутые склоны следует пахать рано весной. На достаточно гумусированных почвах эффективна отвальная вспашка поперек склона; на почвах с незначительным гумусовым горизонтом — более глубокое безотвальное рыхление. Для предотвращения эрозии склоны следует распахивать полосами. На пологих склонах пахоту ведут полосами шириной 40...50 м, чередующимися с нераспахан-

ными 10...15-метровыми полосами. По мере увеличения крутизны и усиления эрозионных процессов ширина распахиваемых полос должна уменьшаться.

Для залужения пологих (крутизной 3...5°) и покатых (крутизной 10...12°) склонов следует включать в состав травосмесей один или два бобовых и один злаковый компонент (люцерну желтую, эспарцет песчаный, костер безостый, житняк узкоколосый). В очагах развеивания в зависимости от степени эрозии высевают дикорастущие травы. На слабозаросших песках многолетние травы следует подсеивать без предварительной обработки почвы. Правильное и дифференцированное применение противоэрозионных агротехнических и других мероприятий улучшает физические, химические и биологические свойства почв, их водный и питательный режим, что в свою очередь способствует защите почв от эрозии и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Довольно эффективное средство защиты почв от эрозии — применение удобрений, которые улучшают структуру почвы, повышают ее устойчивость к водной и ветровой эрозии. Необходимо только строго выполнять рекомендации при их использовании. Это особенно важно для предотвращения загрязнения водоемов вредными веществами. Для предупреждения попадания удобрений в водные источники очень важно добиваться строгого соответствия внесения удобрений потребностям растений, которые для различных культур в различных почвенно-климатических условиях определяют опытным путем, а также соблюдения установленных сроков внесения удобрений с учетом биохимических превращений в почве и обеспечения дробного их внесения в период вегетации (особенно для почв легкого механического состава). Необходимо стремиться к максимально возможному уменьшению применяемых в орошаемом земледелии доз минеральных удобрений, вносимых в почву с оросительной водой. Дождевание позволяет снизить обычную норму азотных удобрений вдвое. Значительно уменьшить дозы азотных удобрений позволяет также капельное орошение. Уменьшить количество балластных веществ можно путем применения концентрированных форм удобрений. Большое значение в предотвращении загрязнения водоемов продуктами смыва имеет применение медленно действующих азотных удобрений в виде гранул с защитной оболочкой или труднорастворимых удобрений типа конденсатов мочевины, достаточно устойчивых к вымыванию, а также использование ингибиторов нитрификации, снижающих активность почвенных бактерий, которые переводят аммонийный азот в легкорастворимую нитратную фор-



му. Совершенствование агротехнических приемов и соблюдение рекомендаций при использовании удобрений позволит предупредить загрязнение вод биогенными веществами.

Для очистки коллекторно-дренажных вод от биогенных элементов могут быть применены биологические и некоторые другие методы: использование высшей водной растительности, анаэробных бактерий (для усиления процессов денитрификации), уборка водорослей, связывание планктона с инертными материалами и т. п.

Велика роль агротехнических мероприятий в охране и защите водоемов от загрязнения пестицидами. При внесении сравнительно больших доз ядохимикатов на поля и форсированной обработке ими больших территорий концентрация токсикантов в сбросных водах резко повышается. В связи с этим сельскохозяйственные поля следует обрабатывать равномерно, чтобы обеспечить возможно большее разбавление сбросных вод в магистральных коллекторах. Существенное влияние на качество вод оказывают технические приемы, сроки и нормы применения ядохимикатов. Наибольший вред водным объектам наносит химическая обработка земель, особенно орошаемых, путем авиаопыливания, поэтому она должна быть запрещена. Основным способом применения пестицидов должно стать ультрамалообъемное опрыскивание. Значительного эффекта в защите водоемов можно достичь интегрированными методами борьбы с вредителями и болезнями растений, основу которых составляют оптимальные агротехнические приемы выращивания различных сельскохозяйственных культур в сочетании с умеренным и контролируемым использованием химических, биологических и других методов защиты растений.

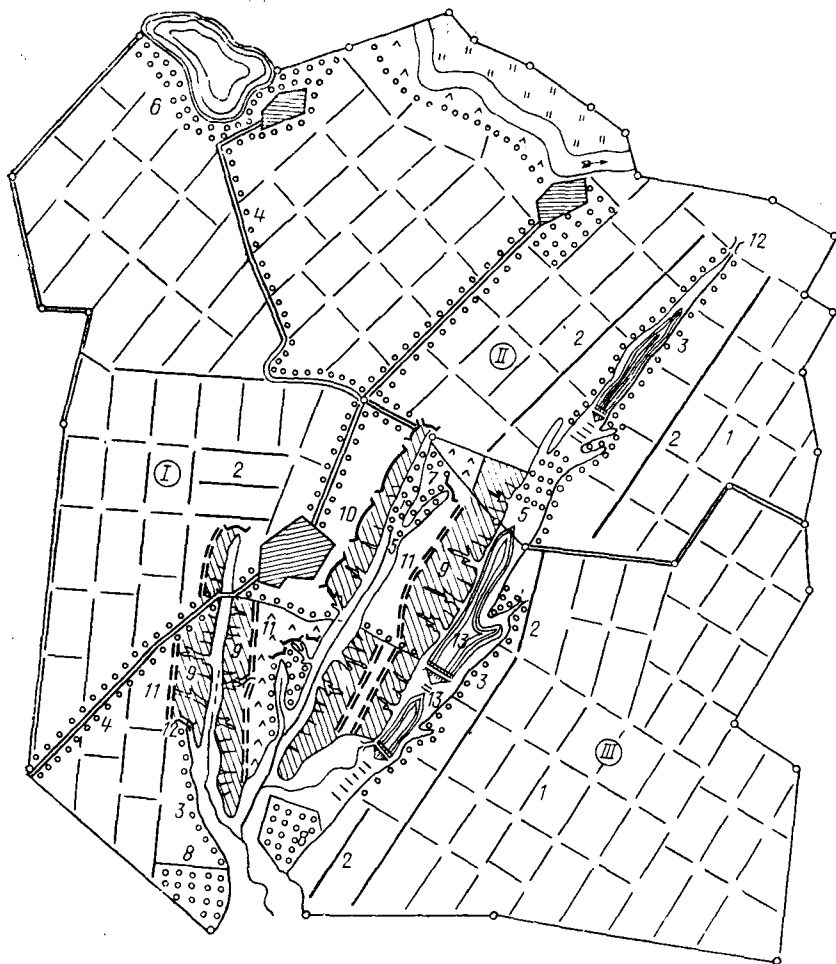
В зоне рисосеяния перспективной мерой защиты водных источников от загрязнения ядохимикатами является повторное использование воды на оросительных системах, сущность которого заключается в неоднократном использовании сточных вод, разбавленных оросительной водой. Смешивание вод разной минерализации происходит в местах пересечения оросительных каналов с коллекторами при аккумуляции коллекторных сточных вод в специальных водохранилищах или при подаче их в голову оросительной системы. Однако такой способ понижения концентрации ядохимикатов в воде возможен только для быстрорастворимых веществ, главным образом для гербицидов. Воду, загрязненную более стойкими ядохимикатами, очень трудно очистить даже современными методами очистки, поэтому основное внимание должно быть направлено на то, чтобы не допустить попадания ядохимикатов в водные источники. Это

достигается соблюдением санитарных правил, инструкций по хранению, транспортировке и использованию ядохимикатов. Для ограничения поступления пестицидов в водные объекты первостепенное значение будет иметь дальнейшее совершенствование регламентов и системы их применения. Прежде всего необходимо сокращать дозы стойких препаратов, внедрять наиболее прогрессивные способы их использования. Так, очаговой, ленточной или краевой обработкой вместо сплошной достигается снижение норм расхода ядохимикатов в несколько раз. Биологические методы защиты растений будут также способствовать сокращению применения ядохимикатов, а следовательно, предотвращению загрязнения ими водоемов. Для ограничения поступления пестицидов в водные объекты их следует применять на расстоянии не менее 300 м от берега водоема. Важное водоохранное значение будет иметь разработка видов ядохимикатов, отличающихся минимальной токсичностью, быстрым разложением их в воде и минимальной миграционной способностью.

Очень важно при выращивании сельскохозяйственных культур внедрять на водосборных территориях такие севообороты, при которых не требовалась бы многократная обработка площадей пестицидами. В предупреждении поступления ядохимикатов и удобрений в водоемы с поверхностным стоком решающую роль должны сыграть прибрежные водоохранные зоны в комплексе с агролесомелиоративными мероприятиями и гидротехническими сооружениями.

#### **4. АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Защитные лесные насаждения важная составная часть широкого комплекса водоохранно-водорегулирующих и противоэрозионных мероприятий, направленных на поддержание высокой водности рек, обеспечение равномерного распределения годового стока и защиту водоемов от загрязняющих веществ и заиливания. Наибольшее их влияние проявляется при создании взаимоувязанной системы различных насаждений в тесном сочетании с другими элементами защитного комплекса (гидротехническими, лугомелиоративными, организационно-хозяйственными и др.) в пределах водосборных бассейнов (рис. 10). Защитное лесоразведение признано одним из наиболее эффективных и надежных средств борьбы с водной и ветровой эрозией, а также заилением и загрязнением водных объектов продуктами твердого стока, песками, растительными остатками и др. Велика их роль в предотвращении поступления ядохими-



**Рис. 10. Размещение водоохранны-защитных и противозерозийных мероприятий:**

1 — полевые защитные лесные полосы; 2 — водорегулирующие лесные полосы; 3 — приовражные и прибалочные лесные полосы; 4 — насаждения вдоль дорог; 5 — насаждения в оврагах и балках; 6 — насаждения по берегам водоемов; 7 — участки сплошного облесения; 8 — сады; 9 — участки засыпки и выполаживания оврагов и промоин; 10 — водозадерживающий вал; 11 — водоотводные валы-канавы; 12 — водосборное сооружение; 13 — противозерозийные пруды; I—III — номера землепользований

катов и биогенных веществ в водоемы с сельскохозяйственных и других территорий. Лесные насаждения обеспечивают равномерное снегораспределение и предотвращение сноса снега в овраги и балки, задерживают и регулируют поверхностный сток, препятствуют смыву и развеванию почв, улучшают гидрологический режим, стабилизируют сбалансированные взаимодействия основных экологических систем биосферы и др.

В зависимости от назначения и занимаемого места в системе защитные лесные насаждения обычно объединяют в следующие группы: полезащитные лесные полосы, водорегулирующие, защитные лесонасаждения на овражно-балочных системах, орошаемых землях, по берегам рек и каналов, вокруг водохранилищ, прудов и других водоемов, на песках, горных склонах, осушаемых землях, пастбищах, на рекультивируемых и непригодных для сельскохозяйственного пользования землях, а также насаждения вдоль железных и автомобильных дорог, вокруг городов и других населенных пунктов. В особую группу выделяют государственные защитные лесные полосы и другие насаждения, предназначенные в основном для регулирования поверхностного стока, улучшения гидрологических условий местности, а также для охраны и защиты водных объектов от заиления, засорения и загрязнения вредными веществами.

Полезащитные лесные полосы на пахотных неорошаемых землях уменьшают скорость ветра и интенсивность вертикальных перемещений воздушных потоков у поверхности земли, а также изменяют структуру почв и тем самым обеспечивают их защиту от развевания, задерживают на полях снег и предотвращают снос его в овраги и балки, способствуют более равномерному снегораспределению, значительно ослабляющему промерзание почвы, что благоприятно сказывается на задержании поверхностного весеннего стока и предотвращении развития эрозионных процессов (смыва и размыва почвы), а также на повышении качества поверхностных стоковых вод.

Один из наиболее важных по своему значению вопросов — правильное и рациональное размещение лесных полос на защищаемой территории землепользования. В самой идее размещения полос должен быть заложен принцип создания единой взаимоувязанной системы в сочетании с другими видами защитных насаждений и всем комплексом противоэрозионных мероприятий при обязательном учете всех факторов окружающей среды. Полезащитные лесные полосы закладывают обычно на относительно ровных площадях с уклоном  $1,5...2^\circ$  и размещают по границам землепользований и полей севооборота, а при больших размерах полей севооборотов — внутри их. Расстояния

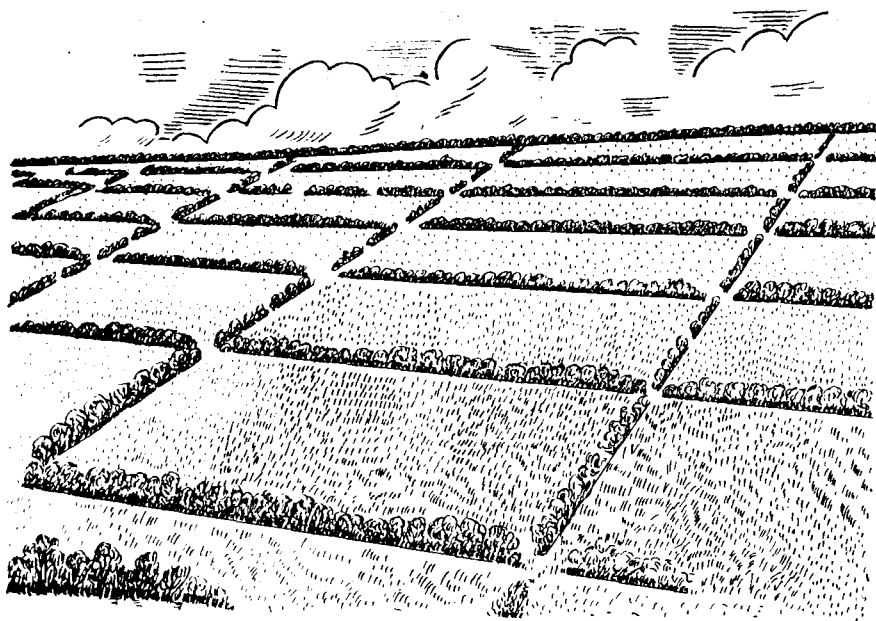


Рис. 11. Схема размещения полезащитных лесных полос

между полосами зависят от почвенно-климатических условий. Полезащитные лесные полосы, как правило, располагают во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 11).

Продольные (основные) лесные полосы размещают по возможности перпендикулярно господствующим вредоносным ветрам, поперечные (вспомогательные) — перпендикулярно основным; отклонение продольных полос от наиболее эффективного направления допускается до  $30^\circ$ . Такое размещение лесных полос на ровных территориях не вызывает сомнения в их эффективности. Однако аналогичное размещение полезащитных лесных полос на склонах крутизной  $1,5...2^\circ$ , особенно в районах распространения водной эрозии, нельзя признать наилучшим. В этом случае, т. е. в условиях заметного поверхностного смыва почвы, лесные полосы следует размещать параллельно горизонталям (перпендикулярно направлению поверхностного стока), независимо от направления вредоносных ветров. При размещении полезащитных лесных полос необходимо обращать внимание на насаждения, которые уже есть, и обязательно включать их в общую систему защитных насаждений. Расстояния между

продольными лесными полосами устанавливаются с учетом обеспечения максимального защитного их влияния. В зависимости от почвенно-климатических и других условий расстояние между продольными полосами может колебаться от 200...250 до 400...600 м, а между поперечными не должно превышать 1000...2000 м.

Не менее важна ширина полезащитных полос. Есть мнение о пользе более узких лесных полос, так как считается, что узкие полосы по своей эффективности не уступают более широким. Принято, что ширина полезащитных полос не должна превышать 15 м (7,5...15 м).

Влияние лесных полос на микроклимат, гидрологический режим территории, защиту почв от эрозии в значительной степени зависит от их конструкций. Различают плотную (непродуваемую), ажурную и продуваемую конструкции; иногда выделяют промежуточную форму — ажурно-продуваемую.

Наиболее целесообразными признаны ажурная и продуваемая конструкции полезащитных полос. Лесные полосы плотной (непродуваемой) конструкции на сельскохозяйственных землях не создают. В то же время они эффективны в предупреждении и ликвидации смыва и размыва почвы, защите водных объектов (рек, прудов, каналов, водохранилищ и других водоемов) от заиления и загрязнения сточными водами и продуктами поверхностного стока.

Для создания долговечных и устойчивых, обладающих высокими мелиоративными свойствами лесных насаждений в конкретных почвенно-климатических условиях необходим правильный выбор древесных и кустарниковых пород. Наивысшей производительностью, устойчивостью и долговечностью отличаются насаждения, выращенные из высококачественных семян и посадочного материала местного происхождения. К сожалению, это условие не всегда соблюдается, особенно в степной, сухостепной и полупустынной зонах, где аборигенов из числа лесных пород либо нет, либо естественное их произрастание приурочено к наиболее благоприятным лесорастительным условиям (балкам, поймам рек, к орошаемым землям), в связи с этим иногда приходится применять интродуценты, т. е. породы, завезенные из других районов страны, имеющих аналогичные или близкие почвенно-климатические условия. Часто защитные лесные насаждения приходится создавать в условиях, где раньше лес не произрастал, что требует особого подхода к их выращиванию. Для того чтобы не допускать грубых ошибок при выборе ассортимента древесных и кустарниковых пород, следует пользоваться существующей схемой агролесомелиоративного районирования и рекомендуемыми в соответствии

с почвенно-географическими условиями древесными и кустарниковыми породами. Кроме того, при подборе пород необходимо добиваться их соответствия лесорастительным условиям, обязательно следует учитывать требования, связанные с целевым назначением защитных лесных насаждений и удовлетворением запросов народного хозяйства.

Все древесные и кустарниковые породы при защитном лесоразведении по выполняемой ими роли в создаваемых насаждениях принято условно подразделять на три группы: главные породы, сопутствующие и кустарники.

К главным относятся породы, которые выполняют основную мелиоративную роль и от участия которых зависит необходимый защитный эффект. Эти породы, как правило, образуют в насаждении верхний, господствующий полог (или ярус). Обычно в эту группу включают породы, успешно произрастающие в конкретных почвенных условиях, вполне устойчивые и долговечные.

К сопутствующим относят древесные породы (иногда и высокие кустарники), играющие вспомогательную роль в выполнении основной мелиоративно-защитной функции и способствующие лучшему с биологической точки зрения формированию древостоя. Они должны хорошо заполнять просветы верхнего яруса. Уплотнение вертикального профиля насаждений обеспечивает условия, улучшающие рост главных пород, для которых сопутствующие породы служат подгоном. Сопутствующие породы — это обычно менее высокорослые деревья. Они составляют второй ярус полога.

Кустарники в защитных насаждениях выполняют в основном почвозащитную роль. Почвозащитность заключается в хорошем затенении почвы, которое создает неблагоприятные условия для проникновения под полог древостоя травянистой сорной растительности, являющейся конкурентом древесных пород в борьбе за влагу и отрицательно влияющей на водно-воздушные свойства почв. Почвозащитность кустарников также сказывается в скреплении массой корней почвенных частиц, снижающем интенсивность поверхностного смыва почв. Обычно в состав насаждений для выполнения этих функций вводят кустарники с хорошей побегопроизводительной способностью. Особое внимание следует уделять кустарникам, привлекающим полезных насекомых птиц, уничтожающих вредителей защитных лесонасаждений.

Из главных пород при защитном лесоразведении в зависимости от почвенно-географических условий можно применять следующие: айлант, акацию белую, березу бородавчатую, вяз

перистоветвистый, гледичию, дуб (черешчатый, красный, пушистый, армянский, восточный, длинноожковый, каштанолистный, иберийский), ель обыкновенную, ивы древовидные, каштан съедобный, кипарисы, лиственницу сибирскую, маслины, миндаль обыкновенный, можжевельники, орех грецкий и черный, пихту (дугласову и европейскую), платан (восточный и западный), секвойю, сосну (обыкновенную, крымскую, эльдарскую, кавказскую, приморскую, пицундскую и др.), тополя (белый, бальзамический, Болле, берлинский, канадский, осокорь, пирамидальный, душистый, лавролистный, алжирский и др.), эвкалипт, яблоню лесную, ясени обыкновенный и зеленый и др. В качестве сопутствующих можно использовать абрикос, алычу, вяз обыкновенный, граб обыкновенный, грушу лесную, клен (остролистный, полевой, серебристый, грузинский, явор, ясенелистный), ильм (забайкальский и черный), липу (крупнолистную и мелколистную), рябину обыкновенную, черешню, шелковицу, яблоню (сибирскую и сливолистную), ясень (зеленый и обыкновенный) и др. Из кустарников рекомендуются айва японская, акация желтая, бузина (красная и черная), бирючина, боярышник, гранат, жимолость татарская, ивы кустарниковые, ирга, кизил, кизильник, клен татарский, лещина, лох узколистный, магония падуболистная, можжевельник, облепиха, свидина, скумпия, сумах, смородина (золотистая и красная), спиреи, тамариск, терн, фисташка, шиповники и др. Не следует вводить в защитные насаждения древесные и кустарниковые породы, являющиеся промежуточными разносчиками грибных заболеваний (крушину и барбарис — с зерновыми культурами, а в свеклосеющих районах — бересклет, в хлопкосеющих — белую акацию, около садов — боярышник, черемуху и т. д.).

Для максимального полезного эффекта в борьбе с водной и ветровой эрозией почв каждое защитное насаждение по своей структуре должно быть вполне устойчивым и по возможности долговечным. Оно должно быстро расти в высоту, как можно раньше смыкаться кронами, хотя бы в рядах, с образованием на почве достаточно мощной лесной подстилки, хорошо возобновляться и иметь высокие мелиоративно-защитные свойства. Многолетние исследования и производственный опыт степного лесоразведения подтверждают, что указанным требованиям лучше всего отвечают лесные насаждения смешанного типа.

До сих пор при создании защитных лесных насаждений наиболее сложным вопросом остается правильный подбор древесных и кустарниковых пород. От того, насколько удачно будут подобраны породы и правильно установлены их сочетания, во многом будет зависеть долговечность, биологическая устойчи-



вость, успешный рост основных пород, формирующих насаждения и обеспечивающих их высокий мелиоративный эффект.

Для научного обоснования принципов смешения и установления долевого участия отдельных древесных пород в насаждении важно знать не только их взаимосвязь с почвенно-климатическими условиями, но и характер взаимоотношений при совместном их произрастании. Это требует более глубокого изучения биологических особенностей древесных и кустарниковых пород и закономерностей в проявлении антогонизма в их взаимоотношениях или, наоборот, положительного влияния друг на друга.

В вопросе взаимоотношения и взаимовлияний древесных и кустарниковых пород еще много неясного, неизученного. Этим можно объяснить неудачные схемы смешения в созданных защитных лесонасаждениях. Много уже сделано учеными; проведены оригинальные исследования и накоплены качественно новые материалы о морфологии, физиологии, биохимии и экологии древесных и кустарниковых пород, установлены некоторые закономерности во взаимоотношениях отдельных древесных и кустарниковых пород, при совместном произрастании в разных условиях. Выявлено, что чем жестче почвенно-климатические и лесорастительные условия, тем сложнее вопрос смешения культур в насаждениях.

Разработаны некоторые теоретические основы типологического принципа смешения пород для степных условий, предложен биофизический принцип, основанный на учете биофизической формы взаимовлияния растений, а также биотрофный — на учете биотрофной формы влияния растений, т. е. на их способности изменять питательный режим почвы. К сожалению, достаточно полных данных о всех возможных формах и видах взаимовлияния пород, составляющих то или иное насаждение, пока нет. Особенно недостаточно этих данных для районов южной степи и полупустыни.

М. В. Колесниченко [82] на основе многолетних опытов и наблюдений предложил новый (аллелопатический) принцип выбора сочетаний древесных и кустарниковых пород для создания смешанных культур. Этот принцип основан на разном взаимном влиянии фитонцидов этих пород, т. е. на их аллелопатическом соответствии друг другу в насаждении. По характеру влияния фитонцидов на главную породу М. В. Колесниченко разделяет породы на активаторы, стимулирующие жизненные процессы, и ингибиторы, замедляющие и подавляющие эти процессы. Так, для дуба летнего активаторами являются гледичия, жимолость татарская, клены остролистный, полевой

и татарский, лещина обыкновенная, орех грецкий, липа мелколистная, свидина, а ингибиторами — акация белая, сосна обыкновенная, береза бородавчатая, вяз обыкновенный и мелколистный, клен ясенелистный, осина, акация желтая и скумпия; для сосны обыкновенной активаторами служат лиственница и скумпия, а ингибиторами — тополь канадский и акация желтая. Активаторы лиственницы сибирской — вяз обыкновенный, дуб летний, клен остролистный, сосна обыкновенная и липа мелколистная, а ингибиторы — береза бородавчатая, дуб летний и жимолость татарская и т. п.

Анализ данных, полученных нами при изучении взаимоотношений между растениями, совместно произрастающими в различных условиях юго-восточных районов страны, в основном подтверждает рекомендации М. В. Колесниченко, впервые сделавшего попытку научно обосновать лучшую биологическую устойчивость смешанных лесонасаждений по сравнению с биологической устойчивостью однопородных, чистых с точки зрения аллелопатического соответствия друг другу древесных и кустарниковых пород, обычно используемых при защитном лесоразведении на степных почвах.

Однако при создании защитных лесных насаждений, подборе и смешении пород не следует (на это также обращает внимание М. В. Колесниченко) полностью избегать ингибиторов, так как небольшая в большинстве случаев их примесь оказывает стимулирующее влияние на жизнедеятельность главной породы, а разнообразные фитонциды в насаждении способствуют защите его от вредителей и болезней. В связи с этим в схемах смешения на долю главной породы должно приходиться не менее 50...60% посадочных мест, активаторов — не более 30...40%, ингибиторов — 10...20%. Такое соотношение пород после посадки следует поддерживать мерами ухода (рубками ухода) и, исходя из хозяйственной целесообразности, довести удельный вес главной породы до 70...80%. Разумеется, при составлении схем смешения надо учитывать не одну, а все формы взаимного влияния.

Умелое выращивание смешанных насаждений создает условия для усиления биологической устойчивости главной породы, а также для значительного улучшения лесорастительных свойств степных почв и повышения общей продуктивности и мелиоративного эффекта защитных лесных насаждений. В отдельных случаях нельзя игнорировать целесообразность создания чистых (однопородных) насаждений.

Полезатитные лесные полосы закладывают чистые и смешанные и, как правило, только из одной главной породы; иног-

да для ускорения защитного действия лесной полосы из медленно растущих пород допускается введение в опушечный ряд быстрорастущей породы (рис. 12). Водорегулирующие и другие защитные лесные насаждения создают смешанными из нескольких древесных пород и кустарников чистыми рядами.

Основной принцип создания защитных лесных насаждений и в первую очередь ползащитных лесных полос — выращивание долговечных, устойчивых и высокоэффективных насаждений во взаимосвязанной системе на основе наиболее совершенных методов и способов их закладки с применением передовой технологии и широкой механизации всех агротехнических приемов и производственных процессов. Очень важно добиваться минимальных отводов сельскохозяйственных земель под насаждения, а также минимальных затрат на их создание, обратив особое внимание на быстрейшую их окупаемость.

Важный принцип создания лесонасаждений на землях совхозов и колхозов — концентрация агролесомелиоративных работ. Это — основа успеха новой технологии выращивания лесных полос и повышения

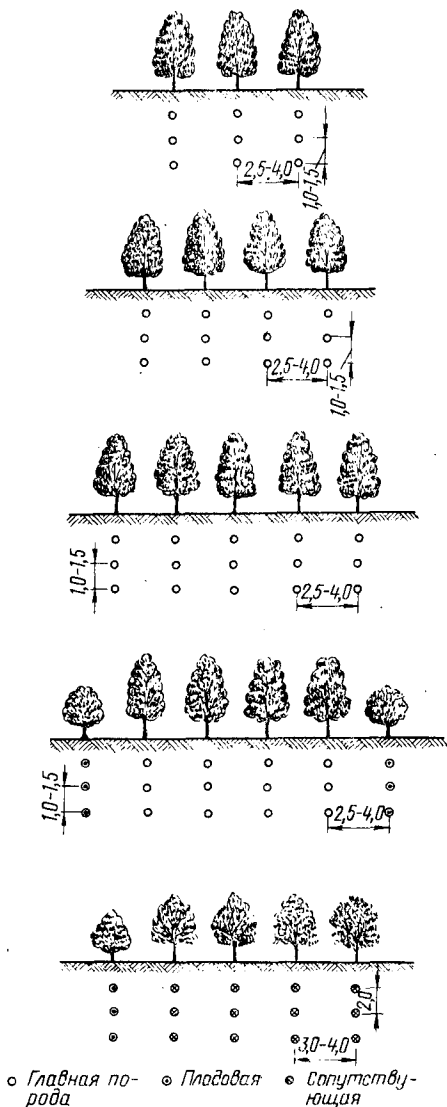


Рис. 12. Примерные схемы ползащитных лесных полос

их мелиоративной эффективности. Основной способ закладки лесных насаждений — рядовой, при котором создают насаждения посадкой стандартных сеянцев, саженцев, окорененных и неокорененных черенков или посевом семян. Реже для посадки применяют крупномерный посадочный материал (крупные саженцы, иногда взрослые деревья). При закладке полос древесные и кустарниковые породы в насаждении размещают так, чтобы в течение 5...6, а в сухостепной зоне и 10 лет, пока не сомкнутся кроны деревьев, можно было максимально механизировать уход за почвой в междурядьях. При рядовом способе деревья и кустарники размещают параллельными рядами. Ширину междурядий при рядовой посадке полезащитных полос устанавливают в зависимости от почвенно-климатических условий; в лесостепной и северной части степной (на типичных и выщелоченных черноземах) зоны — 2,5...3 м, в степной зоне (на южных черноземах, темно-каштановых и каштановых почвах) — 3...4 м. Расстояние между растениями в рядах при посадке сеянцев и неокорененных черенков 1...1,5 м, саженцев и окорененных черенков — 1,5...3 м.

На рост и развитие насаждений в степи большое влияние оказывают сроки смыкания крон, которые в свою очередь зависят от быстроты роста и густоты посадки деревьев. Деревья, посаженные гуще, сомкнутся раньше; раньше произойдет смыкание быстрорастущих пород, нежели медленнорастущих. При определении густоты насаждения, особенно в тяжелых лесорастительных условиях (на светло-каштановых почвах, в комплексе с солонцами), необходимо учитывать обеспечение растений достаточной площадью водного питания. Оптимальное число высаживаемых деревьев на единицу площади в различных почвенно-климатических условиях неодинаково; оно зависит не только от лесорастительных условий, но и от назначения создаваемого насаждения, состава пород и их биологических особенностей, а также определяется технологией и техникой их создания. В большинстве ранее созданных насаждений ширина междурядий равна 1,5 м, а деревья и кустарники в ряду размещены через 0,6—0,7 м. При таком размещении густота культур составляет около 10 тыс. шт. на 1 га. В связи с резким увеличением техники, обеспечивающей не только механизированную посадку, но и проведение своевременных механизированных уходов в междурядьях, расстояние между рядами увеличивается до 2,5...3 м и даже до 4 м. При такой ширине в междурядьях свободно проходят тракторы почти всех марок с различными лесохозяйственными машинами и орудиями.

При создании защитных лесных насаждений применяют

и другие способы посадки — групповой, группово-рядовой, шахматный, диагональный, ленточный, которые позволяют механизировать уход за почвой. В нашей стране накоплен богатый опыт выращивания защитных лесных насаждений в различных почвенно-климатических условиях. Разработана и широко внедряется в агролесомелиоративное производство новая технология создания лесонасаждений на базе комплексной механизации и применения средств химии. Важное звено в общей цепи агротехнических мероприятий — подготовка почвы, от качества которой во многом зависит качество лесокультурных работ, приживаемость, рост и дальнейшее развитие культур.

Почву под лесные насаждения готовят по системе черного пара с основной вспашкой на глубину не менее 27...30 см плугами ПЛН-5-35, ПЛ-5-35, ПЛН-4-35, ПКУ-4-35, ПЛН-3-35 и др. В течение лета проводят 3—5-кратное рыхление почвы культиваторами КПС-4 (КПН-4г), КШ-3,6А и другими на тяге трактора класса 1,4...3,0 т, а осенью — безотвальную перепашку с доуглублением до 35...40 см. В лесостепных районах на очищенных от сорняков площадях весенние посадки можно проводить по раннему пару или, в виде исключения, по ранней глубоко вспаханной ябл. На южных черноземах и особенно на каштановых почвах применяют плантажную пахоту на глубину не менее 45...60 см с одно- или двухгодичным, а иногда и трехгодичным парованием. Почвы, подверженные ветровой эрозии, особенно легкие по механическому составу, подготавливают по системе раннего пара, включающей основную весеннюю безотвальную вспашку на глубину 25...27 см, 2—3-кратную летнюю обработку пара лаповыми культиваторами и плоскорезами и осеннюю безотвальную перепашку или рыхление на глубину 50...60 см. Предпосадочная обработка почвы заключается в покровном бороновании в два следа.

Защитные лесонасаждения не закладывают на сухой свежеподготовленной или мелковспаханной почве, а также на почве, засоренной пыреем, острецом, свинороем, осотом и другими сорняками, так как борьба с этими сорняками очень сложна и трудоемка. В степных районах, отличающихся малоснежными зимами, как при подготовке почвы, так и в первые годы после посадки или посева древесных и кустарниковых пород следует проводить снегозадержание, используя для этого любой способ, применяемый в сельскохозяйственной и агролесомелиоративной практике. При посадке важно учитывать роль микоризы, способствующей усилению питания растений необходимыми минеральными веществами.

Посадку (посев) полезащитных полос и других насаждений

осуществляют, как правило, ранней весной, реже — осенью. Весеннюю посадку начинают как только позволит состояние почвы и продолжают 5...7 дней в южных районах и 7...10 — в северных; начало осенней посадки должно совпадать с массовым пожелтением листьев, а конец — с наступлением устойчивых заморозков. Посадка саженцев с закрытой корневой системой (в полиэтиленовых мешочках, торфоперегнойных горшочках и т. д.) позволяет значительно увеличить сроки лесопосадочных работ. Высаживают их в основном механизированным путем, используя лесопосадочные машины ССН-1, ЛМГ-2, ЛПА-1, СЛ4-1, СЛН-1, СЛН-2 и др.; при посеве желудей строчно-луночным способом используют сеялки СЖУ-1. Крупномерные саженцы высаживают специально лесопосадочными агрегатами (ЛПА-1), а также вручную в ямы размером 0,6×0,6 м, подготовленные ямокопателем КЯУ-100. Везде, где по почвенно-климатическим условиям это возможно (в основном в лесостепной зоне), в лесных культурах следует выращивать многолетний люпин, который не только обогащает почву азотом и зольными веществами, но и значительно улучшает ее физические свойства [61].

Своевременный и высококачественный уход за создаваемыми культурами — надежная гарантия успеха выращивания устойчивых и высокоэффективных лесонасаждений. Уход за ними начинают сразу же после посадки (посева). Он заключается в основном в рыхлении почвы и удалении сорняков; для уничтожения сорняков используют гербициды. Сроки и число уходов зависят от состояния почвы, засоренности культур и других факторов. Число их в зависимости от зоны обычно колеблется в пределах от 12 до 25; проводят их в течение 5...10 лет. Наиболее эффективно рыхление почвы в рядах с одновременной культивацией междурядий. В этом случае экономнее расходуется влага и не так сильно уплотняется почва. Помимо культивации междурядий и закраек, ежегодно проводят их безотвальную перепашку.

Для степных районов Казахстана и Сибири Институтом леса и древесины СО АН СССР разработана технология создания полезащитных лесных полос, расположенных в шахматном порядке. Успешное выращивание полезащитных полос этим способом в условиях крайне недостаточного и неустойчивого увлажнения возможно только при строгом соблюдении всех агро-технических правил и тщательном уходе за почвой.

Наиболее эффективный способ борьбы с сорняками в полезащитных лесополосах — перекрестная механизированная обработка почвы. Для механизированной обработки почвы растения

при посадке размещают так, чтобы движение тракторного агрегата было свободным в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В связи с этим их размещают прямолинейными рядами не только вдоль и поперек лесной полосы, но и по диагонали. Прямолинейность размещения растений необходима во избежание их повреждения при обработке почвы; достигается она маркировкой полосы, которую обычно делают одновременно с посадкой. При культивации междурядий диагонально-перекрестным способом трактор с обрабатывающим агрегатом движется по полосе волнообразно. Для создания наилучших условий роста и развития главных пород, формирования и поддержания необходимого состава и конструкции насаждений, а также содержания их в надлежащем санитарном состоянии важен лесоводственный уход, который обычно начинают проводить с 3...4-летнего возраста и повторяют 1 раз в 3...5 лет.

Защитные лесные насаждения на орошаемых землях — важное средство борьбы с ветровой и ирригационной эрозией. Они защищают каналы от засыпания мелкоземом, предотвращают опасность вторичного засоления и заболачивания орошаемых территорий. Оттеняя каналы, они сокращают испарение воды из оросительной системы, повышают эффективность ее использования и уменьшают опасность зарастания водоемов травами. Велико их санитарно-гигиеническое значение.

Характер и расположение лесонасаждений на орошаемых землях определяют в зависимости от природных условий, мелиоративного состояния и размера орошаемых массивов, способов полива и других организационно-хозяйственных и экономических факторов. В приканальных насаждениях интенсивность роста древесных пород во многом зависит от размера канала, характера и продолжительности его работы, положения на местности и размещения лесополосы. На орошаемых землях создают защитные лесные насаждения различного характера и назначения. В основном это защитные лесные полосы вдоль постоянных оросительных и сбросных каналов, по границам орошаемых земель, землепользований и полей севооборотов (на больших полях и внутри них), вокруг и внутри садов, вдоль постоянных дорог и водооградительных валов в поймах рек; это лесонасаждения на неудобных и не используемых под сельскохозяйственные культуры землях, а также насаждения у насосных станций, поселков, полевых станов и др.

Расположение защитных лесных насаждений на орошаемых землях увязывают с проектом орошения, с намечаемой и используемой техникой полива и конструкцией оросительной сети.

Размещение и направление лесных полос в большинстве

случаев зависит от расположения постоянных каналов, около которых в первую очередь и создают лесные полосы. Их обычно располагают в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Надо стремиться, чтобы на полях, орошаемых с помощью переносного трубопровода или дождеванием, расстояние между продольными (основными) полосами не превышало 400...600 м; на рисовых полях это расстояние принимают от 400 до 800 м; в районах, подверженных сильной ветровой эрозии почв, оно может быть значительно меньше. Расстояние между поперечными полосами рекомендуется не свыше 1500 м.

В республиках Средней Азии, в районах, подверженных ветровой эрозии, продольные лесополосы размещают на расстоянии до 400 м, поперечные — до 800...1000 м, а в районах с умеренными ветрами — соответственно до 400...500 и 900...1200 м. Расстояния между продольными полосами с уменьшением интенсивности ветра увеличивают до 500...600 м. На участках, сильно подверженных дефляции, между продольными полосами дополнительно рекомендуется создавать двухрядные полосы на расстоянии 150...200 м от основных полос [116].

Защитные лесные полосы вдоль каналов создают одно- и двусторонние. Двусторонние лесные полосы более надежно защищают каналы от засыпания мелкоземом, лучше оттеняют их и уменьшают испарение с водной поверхности, заметнее повышают эффективность использования поливной воды. Односторонние лесные полосы закладывают, если невозможно обеспечить свободный проход машин для механизированной очистки каналов или каналы проложены в легких почвогрунтах и часто нуждаются в ремонте. Односторонние посадки делают на оросительных системах, подверженных заилению, а также вдоль хозяйственных и участковых распределителей лотков и облицованных каналов. Лесные полосы около каналов размещают в зоне наиболее благоприятного фильтрационного увлажнения и, как правило, на расстоянии 3 м от основания дамбы или 1 м от участковых распределителей.

Вдоль небольших магистральных каналов, крупных коллекторов дренажной сети и межхозяйственных каналов вне орошаемой зоны, а также по границам орошаемых земель лесные полосы создают из 3...4, а на крупных магистральных каналах из 4...5 и более рядов. Для предотвращения заноса каналов мелкоземом и засорения их остатками сухой сорной растительности по внешней стороне полосы (со стороны степи) создают опушку из кустарников. На орошаемых территориях вдоль каналов лесополосы закладывают из 3...4 рядов по границам полей севооборотов, не совпадающим с каналами (а при необ-



ходимости и внутри их). Вдоль каналов внутрихозяйственной оросительной и сбросной сети лесные полосы должны состоять из 2...3 рядов. Односторонние посадки лесных полос целесообразно осуществлять с южной стороны каналов в широтном направлении, с западной или восточной — в меридиональном, чтобы насаждения как можно меньше затеняли посевы сельскохозяйственных культур.

Лесные полосы вдоль закрытого трубопровода размещают с одной стороны на расстоянии 2...3 м. На полях с закрытой дренажной сетью во избежание забивания ее корневыми системами деревьев лесные полосы рекомендуют размещать в середине (между коллекторами), в 10 м от концевой части дрен [18]. Вдоль дорог создают обычно аллеи и однорядные посадки с обеих сторон.

Для проезда сельскохозяйственной техники с одного поля на другое в местах пересечения лесных полос оставляют разрывы шириной до 20...30 м, а в середине полосы в местах переезда через каналы — 10...15 м. В местах поворота агрегата при использовании на поливе двухконсольных дождевальных установок оставляют разрывы до 60 м.

Защитные лесные полосы на орошаемых землях, как правило, закладывают продуваемой и ажурной конструкций; расстояние в полосах между рядами 2,5...4 м, между сеянцами и черенками в ряду 1...2 и между саженцами и кольями — 1,5...3 м. На орошаемых землях защитных лесонасаждений обязателен полив, режим которого зависит от породного состава и лесорастительных условий и согласуется с режимом работы оросительной системы. Число поливов обычно колеблется от 10 до 20. Норму полива определяют специальными расчетами. Она зависит от ряда факторов, в первую очередь, от климатических, почвенных, гидрологических условий, агротехнических мероприятий и биологических особенностей древесных пород. Обычная норма полива однолетних лесных насаждений 500...600 м<sup>3</sup> на 1 га, для двухлетних и более — 600...900 м<sup>3</sup> на 1 га.

Все создаваемые лесокультуры сразу же после посадки рекомендуется поливать. А. И. Молчанова и Н. П. Бойко [116] установили, что послепосадочный полив резко увеличивает приживаемость древесных пород. Если приживаемость лесокультур из акации белой без послепосадочного полива составляла 60%, шелковицы — 60%, ясеня пенсильванского — 55%, то приживаемость их с послепосадочным поливом достигала соответственно 85 и 95%. По мере просыхания почвы после полива, междурядья обязательно рыхлят. Лесные полосы, создан-

ные вдоль каналов, расположенных в глубоких выемках и лесонасаждениях, на сухих местах с глубоким залеганием грунтовых вод поливают обычно 2...4 раза за сезон с нормой полива 800...1200 м<sup>3</sup>/га.

Агротехника и технология создания защитных лесных насаждений на орошаемых землях имеет много общего с агротехникой и технологией выращивания лесных полос на неорошаемых землях. Вместе с тем полив и более высокая влажность почвогрунтов в условиях орошения придает специфические особенности системе агротехнических мероприятий и технологических приемов выращивания лесонасаждений. Все приемы выращивания насаждений и в условиях орошаемого земледелия должны быть направлены на накопление и сбережение почвенной влаги [18]. Из агротехнических приемов особое внимание следует уделять подготовке почвы, снегозадержанию, прополке и рыхлению поверхностного слоя почвы. Почву готовят по системе черного или раннего пара, пашут после предварительного выравнивания спланированной территории. В северной части степной зоны основную пахоту проводят осенью на глубину 27...30 см, в южной части степной зоны и в полупустыне для основной вспашки применяют плантаж на глубину 50...60 см с одно- или двухгодичным парованьем. В хлопкосеющих районах подготовку почвы проводят по агротехнике, принятой для хлопчатника. В районах, подверженных ветровой эрозии, почву готовят по системе раннего пара; вспашку иногда целесообразно заменять рыхлением плоскорезами. На засоленных почвах осуществляют промывные поливы. На участках с близким залеганием пресных грунтовых вод сажают влаголюбивые породы (тополя, ивы); на площадях с недостаточным увлажнением насаждения закладывают из пород менее требовательных к условиям увлажнения почвы.

Для насаждений на засоленных почвах подбирают породы, способные переносить значительную минерализованность грунтовых вод. В ряды, примыкающие к каналам, не следует вводить породы, обладающие хорошей корнеотпрысковой способностью.

Для обеспечения высокой приживаемости, хорошего роста и развития древесных пород в защитных лесных насаждениях осуществляют своевременный и качественный уход (полив, уход за почвой, лесоводственные меры ухода).

Водорегулирующие лесные полосы и кустарниковые кулисы предназначаются в основном для задержания и регулирования поверхностного стока, уменьшения смыва и размыва почв, предотвращения заиления и загряз-

Рис. 13. Схема размещения пород при создании водорегулирующих полос:

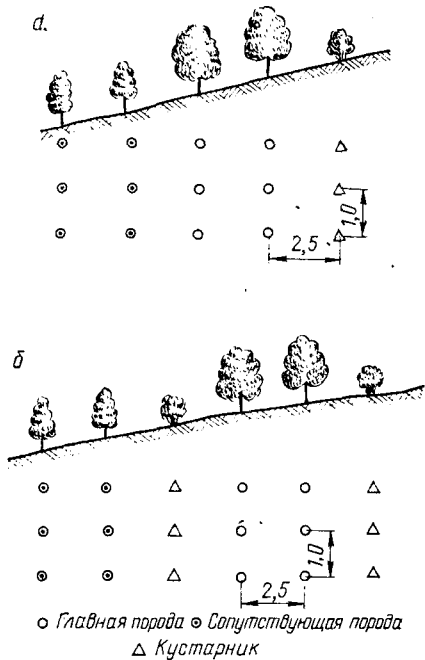
а — пятирядных; б — шестирядных

нения водоемов продуктами стока. Одновременно с этим они способствуют улучшению микроклимата и гидрологического режима. Водорегулирующие полосы располагают на склонах крутизной более 1,5... 2°.

Наиболее полно водорегулирующее и противоэрозионное влияние лесных полос проявляется тогда, когда они размещены на склонах со значительным уклоном перпендикулярно направлению стока, поэтому их закладывают поперек склонов (лучше вдоль горизонталей). Размещают их независимо от севооборотов и рабочих участков, однако целесообразнее располагать у границ между полевыми и почвозащитными полями. Расстояние между полосами на склонах крутизной до 4° обычно 300...400 м, более 4° — 200...300 м. Число лесных полос и их ширина зависят главным образом от протяженности и характера склона, а также от его крутизны.

Водорегулирующие лесные полосы можно создавать в сочетании с водозадерживающими и водоотводящими валами или водопоглощающими канавами с обвалованием. В этом случае ширина их может не превышать ширины обычных почвозащитных лесных полос в равнинных условиях. Конструкция водорегулирующих лесных полос преимущественно ажурная или продуваемая, так как такие полосы более равномерно распределяют снег по всему полю и способствуют его равномерному увлажнению.

По породному составу водорегулирующие лесные полосы (рис. 13), как правило, смешанные состоят из нескольких древесных пород, а в отдельных случаях и кустарников. Посадку деревьев и кустарников осуществляют чистыми рядами, причем



кустарники высаживают главным образом в крайнем с верхней стороны склона ряду. Ряды располагают параллельно друг другу; ширина междурядий в лесостепной зоне (на всех почвах) и в степной зоне на черноземах не более 3 м, в зоне каштановых почв на всех почвенных разностях — 3...4 м. С каждой стороны лесной полосы составляют и содержат в рыхлом и чистом от сорняков состоянии закрайки шириной до 3 м; в лесостепной зоне и на черноземах степной зоны ширина их обычно равна половине ширины междурядий, а в зоне каштановых почв и на песчаных землях всех зон — 3 м. Сеянцы и неокорененные черенки в рядах при посадке размещают через 1...1,5 м друг от друга, а саженцы и окорененные черенки на расстоянии от 1,5 до 3 м. Желуди и орехи высевают в лунки с расстоянием между ними 1 м при строчно-луночном посе-ве; в лунку высевают обычно 3...5 всхожих желудей или 2...3 ореха.

Основные агротехнические требования аналогичны требованиям, предъявляемым при создании полезащитных полос.

Лесные насаждения на горных склонах — надежное средство в борьбе с водной эрозией; они регулируют и задерживают поверхностный сток, предотвращают размыв почвогрунтов, предохраняют водоемы от заиления и загрязнения продуктами стока, препятствуют образованию оползней, снежных лавин и селевых потоков, улучшают режим рек и увеличивают дебит минеральных источников. Большое влияние оказывают горные леса и на накопление снега, интенсивность его таяния и продолжительность лежания; они способствуют увеличению фильтрации воды в почву, особенно ощутимому с увеличением возраста и полноты насаждений, так как на поверхности почвы появляется лесная подстилка. Горные территории — мощные конденсаторы влаги; в них расположены истоки многочисленных рек. Горные районы отличаются большим разнообразием климатических, почвенных и лесорастительных условий. Занимают они в нашей стране около 37% общей территории. Значительные их площади находятся под лесными насаждениями, которые занимают свыше  $\frac{1}{3}$  всей лесной площади страны.

Лесистость горных районов различна и колеблется от 30...40% в Восточной Сибири, Забайкалье, Саянах, на Дальнем Востоке, Среднем Урале, западных склонах Главного Кавказского хребта и в Закарпатье до 2...15% в районе Северного Тянь-Шаня, засушливых районах Главного Кавказского хребта и Малого Кавказа (Армянская, Азербайджанская республики) и Крыма. Районы Центрального и Западного Тянь-

Шаня, Памиро-Алая и Копетдага практически безлесны: лесистость Таджикской ССР — 1,77%, Узбекской ССР — 1,58% и Туркменской ССР — менее 1% (0,83%). Интенсивность ведения лесного хозяйства в горных лесах зависит от степени хозяйственно-экономического развития того или иного района. В научной организации ведения хозяйства в горных лесах есть значительные достижения. Разработаны основные положения по ведению хозяйства в лесах Закавказья, Северного Кавказа, Карпат, Крыма, Урала и других горных районов страны; предложены рекомендации по рубкам леса и реконструкции расстроенных насаждений, а также научно обоснованные методы лесовосстановления на горных склонах.

Основное требование к горным лесам — максимальное сохранение их водоохраных и почвозащитных свойств даже когда они входят в категорию эксплуатационных. В северных и северо-восточных районах СССР, а также на большей части горной территории Кавказа и Карпат, где выпадает достаточное количество атмосферных осадков, усилия работников лесного хозяйства направлены на восстановление горных лесов естественным путем, что должно обеспечиваться комплексом лесохозяйственных мероприятий, а также соответствующими системами рубок.

В государственном лесном фонде среднеазиатских республик и в засушливых районах Кавказа есть значительные площади малолесных и безлесных горных территорий. Леса этих районов имеют исключительно почвозащитное и водорегулирующее значение. В них запрещены все виды рубок, кроме санитарных и рубок ухода.

В дореволюционный период, в предвоенные и военные годы горные леса Средней Азии и засушливых районов Кавказа интенсивно вырубали, и это не могло не сказаться на усилении процессов водной эрозии.

В значительной степени на развитие процессов эрозии в отдельных районах оказывает влияние нерациональное использование горных пастбищ. Нерегулируемый выпас скота приводит к сильному изреживанию и выбиванию травянистого покрова и в конечном счете к исчезновению наиболее ценных в кормовом отношении видов растений. Вследствие систематической перегрузки пастбищ уплотняется почва и распыляется верхний ее горизонт. Склоны покрываются сетью тропинок, на которых концентрируются потоки воды, усиленно размывающие и разрушающие почву, а в отдельных случаях приводят к образованию селевых потоков. Селевые потоки образуются почти во всех горных системах, но наиболее активно в условиях высоких гор, характеризующихся отсутствием травянистой расти-

тельности, сильной изрезанностью и крутизной склонов, выпадением осадков большой интенсивности и густой сетью горных речек (саев), большими запасами обломочного и легкоподвижного материала, а также мощными ледниками. Формируются они чаще всего в горах среднеазиатских республик: на Тянь-Шане, Памиро-Алае и Копетдаге. На Северном Тянь-Шане наиболее селеносными бассейнами признаны северные склоны Заилийского Алатау и Киргизского хребта, на Западном Тянь-Шане — юго-западные отроги Таласского Алатау. Селевые потоки формируются также и на южных склонах Чаткальского и северных склонах Алайского и Туркестанского хребтов. Известны случаи возникновения селей на Зеравшанском хребте, а также на северных и северо-западных склонах Гиссарского хребта. В Закавказье селевые потоки возникали в восточной южной и западной частях южного склона Главного Кавказского хребта. Реже они образуются в районах Малого Кавказа. На северных склонах Главного Кавказского хребта селевые потоки образуются почти на всем его протяжении. Случаются они и в районе Черноморского побережья Кавказа. В Крыму селеносные бассейны находятся в основном на южных склонах главной гряды Крымских гор.

Во влагообеспеченных районах селевые процессы выражены в значительно меньшей степени, чем в Средней Азии и на Кавказе. Однако они бывают и в Карпатах (в СССР, в пределах бассейна р. Тисы) и в Восточной Сибири (бассейн р. Слюдянки). В условиях крупных горных систем Средней Азии и Кавказа селевые потоки составляют серьезную проблему государственного значения. Они причиняют народному хозяйству значительный ущерб, заносят водохранилища и другие водные объекты, ухудшают качество воды в них, затрудняют использование водных источников.

КПСС и Советское правительство приняли ряд постановлений, направленных на планомерное и всестороннее расширение борьбы с эрозией почв, селевыми потоками и последствиями их прохождения. Особое значение приобретает постановление Совета Министров СССР от 7 марта 1978 г. «О мерах по улучшению защиты населенных пунктов, предприятий, других объектов и земель от селевых потоков, снежных лавин, оползней и обвалов», которым намечена широкая программа мероприятий, направленных на предотвращение разрушительного действия селевых потоков.

Наиболее надежный способ борьбы с селевыми потоками — биологический, отличающийся простотой технического решения и не требующий больших затрат. Сущность его заключается

в облесении горных склонов в зоне формирования селевых потоков. Опыт зарубежной практики и работ, проведенных в Советском Союзе, свидетельствует о том, что во многих случаях для достижения поставленных целей достаточно создать искусственные высокополнотные лесонасаждения на террасированных склонах. Они (в комплексе с простейшими сооружениями) превращаются в мощный стокорегулирующий фактор, способный выполнять свои функции многие годы, а при соответствующей направленной деятельности специалистов лесного хозяйства, обеспечивающей биологическую устойчивость лесонасаждений, их водоохранная и почвозащитная роль возрастает.

При разработке мероприятий для регулирования поверхностного стока, борьбы с эрозией почвы и селевыми потоками, как правило, учитывают степень эродированности горных территорий, рельеф местности и форму бассейна, длину, крутизну и характер склонов, почвенно-климатические особенности района, характер и состояние почвенного покрова, растительности и т. д. Эти мероприятия должны охватывать весь водосбор селеносного бассейна. Если противоэрозионные и противоселевые лесомелиоративные мероприятия на водосборах не ликвидируют угрозу селевых потоков, их следует распространить также на русла саев и конусы вносов селевых потоков. Водоразделы, балки и эродированные площади склонов подвергают сплошному облесению.

При горно-облесительных работах необходимо широко применять более ценные породы деревьев и кустарники. На лучших землях следует создавать сады и виноградники. На сильноэродированных площадях наиболее опасных селевых бассейнов целесообразна плотная посадка древесной растительности из числа кустарников.

В безлесных и малолесных горных районах с засушливым и сухим климатом, характеризующихся большими высотами и сильной вертикальной и горизонтальной расчлененностью рельефа, а также специфическими условиями конденсации осадков и формирования поверхностного стока, наиболее эффективный способ создания лесных культур в горах — посадка по террасам. Положительная сторона этого способа заключается в том, что террасы, являясь простейшими гидротехническими сооружениями, способны улавливать и задерживать часть поверхностного стока.

Террасы на горных склонах могут значительно или полностью обеспечить регулирование поверхностного стока, переводя задержанную воду и во внутрпочвенный сток. Это имеет исключительно большое значение для выращивания лесных культур.

тур, способных в жестких условиях дефицита влаги расти за счет утилизации поверхностного стока, улавливаемого террасами. Для успешного роста и развития лесных культур в горах имеют значение не только террасы, но и высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов, мощность и лесорастительные особенности слагающих почв и т. д. Только сочетание этих факторов позволит рассчитывать на успех выращивания лесных культур в горах.

До недавнего времени в Средней Азии, Крыму и на Кавказе лесные культуры сажали на террасах, на площадках, в лунках и бороздах вручную. Механизация лесохозяйственных работ в горах была решена в Советском Союзе во второй половине 50-х годов усилиями ряда научно-исследовательских институтов. Теперь ее широко применяют при террасировании горных склонов и посадке на террасах лесных и орехоплодных культур. В среднеазиатских республиках, Украинской ССР и Российской Федерации накоплен значительный опыт комплексной механизации при создании лесных насаждений в горных условиях (в районе кавказских минеральных вод, гг. Новороссийска, Геленджика и др.).

Технология посадки лесных культур на горных склонах зависит от ряда факторов, основные из которых — крутизна и степень каменистости обрабатываемой поверхности. На склонах крутизной до 6° (предгорьях, плато и других элементах рельефа) почву обрабатывают сплошь, а посадку растений и уход за ними осуществляют, применяя тракторы, машины и орудия общего назначения, т. е. те же, что и в равнинных условиях. На склонах крутизной свыше 7° почву обрабатывают по террасам. В зависимости от технологии террасы подразделяют на напашные и нарезные, или выемочно-насыпные.

Для хорошей приживаемости и успешного роста культур на террасах необходима особая подготовка почвы. Полотно террасы рыхлят специальными культиваторами и рыхлителями. Посадку лесных культур и уход за ними осуществляют механизированным способом. На террасах с шириной 3,5...4,5 м высаживают обычно два ряда лесных культур, а на лучших почвах — два ряда виноградников, или один ряд орехоплодных культур. На террасах с шириной 2...2,5 м высаживают только один ряд древесных пород. На сильнорасчлененных склонах, а также на участках, где выход скал и крупных камней на поверхность составляет от 10...15 до 30...40%, т. е. там, где террасирование невозможно, следует использовать площадкоделатель на тракторной тяге. На площадях, где нельзя применить обычную механизацию, а также террасер, или площадко-



делатель, вручную готовят траншеи шириной 45 см поверху, 35 см по дну, глубиной 40 см. Они должны быть размещены строго поперек склона, горизонтально, через 2 м друг от друга. Для задержания стока траншеи не засыпают полностью. В траншею высаживают один ряд древесных пород чистыми рядами. Такие лесомелиоративные работы отличаются высокой эффективностью. Созданные в урочищах Аманкутан Самаркандской области, Акташ Ташкентской области и других районах защитные лесные насаждения на террасах почти полностью ликвидировали в этих районах селевую деятельность.

Для защиты от селевых потоков населенных пунктов, промышленных и других предприятий, водных источников, железных и шоссейных дорог и других объектов строят различные гидротехнические сооружения: направляющие и перехватывающие дамбы и сбросные каналы, мосты, селедуки, ямы-ловушки, запруды, селеуловители, селехранилища и т. п. Специальные гидротехнические сооружения строят в наиболее селеопасных бассейнах рек Средней Азии и Кавказа. Заслуживает внимания комплекс противоселевых сооружений в районе Алма-Аты. Территориально все они расположены в двух изолированных районах — бассейнах рек Большой и Малой Алмаатинки. Цель противоселевых сооружений на р. Б. Алмаатинке — защита отдельных объектов народного хозяйства. К ним относятся оградительные (защитные) дамбы, селенаправляющие шпоры и др. Для защиты западной части города от селей возводят крупную селезадерживающую железобетонную ячеистую плотину на первом этапе высотой до 30 м, вместимостью селехранилища 6,9 млн. м<sup>3</sup> с последующим увеличением ее до 14,5 млн. м<sup>3</sup>, высоты плотины до 40 м. В бассейне реки М. Алмаатинки построены габрионовая плотина в створе Мынджилки, плотина в створе Медео, каскад сквозных селеуловителей и другие сооружения.

Для ослабления динамического воздействия селевого потока, задержания части его объема и стабилизации отдельных участков русла реки построены шесть экспериментальных сквозных металлических запруд.

Для защиты восточной части Алма-Аты в 1977 г. завершено строительство уникальной высотной каменнонабросной селезадерживающей плотины на р. М. Алмаатинке. Высота ее 150 м, длина по гребню 800 м. Вместимость селехранилища, равная 12,6 млн. м<sup>3</sup>, позволит задержать более трех катастрофических селей, подобных селям 1973 г. Для обеспечения зарегулированного сброса жидкой составляющей селя (до 30 м<sup>3</sup>/с) с любого уровня селехранилища в левой части плотины проложены два

туннельных водосброса. В нижнем бьефе плотины они соединяются железобетонным каналом, в верхнем бьефе плотины имеет систему шахтных водоприемников.

Наряду со строительством крупных селезадерживающих плотин в бассейнах рек Малой и Большой Алмаатинки осуществляют комплекс эксплуатационно-профилактических мероприятий, направленных на предупреждение селей; опорожняют моренно-ледниковые озера, стабилизируют горные русла рек системой глухих запруд и сквозных сооружений, к селевым очагам проводят тракторные дороги и линии связи.

Комплексное решение борьбы с селями представляет собой схема противоселевой защиты Ферганской долины, в основу которой положено строительство гидротехнических сооружений: селехранилищ, струнаправляющих и перехватывающих дамб, ям-ловушек, запруд и др. Для защиты г. Андижана и прилегающих к нему территорий сооружены четыре противоселевые системы, каждая из которых включает ряд селехранилищ с селесбросными трактами в Андижанской и Ассакинский сброс. Каждая система аккумулирует селевые потоки с площади 40...60 км<sup>2</sup>.

Большие противоселевые работы проведены для защиты Большого Ферганского канала. Для защиты г. Намангана намечено сооружение отдельных селехранилищ — Ирвадансайского, Гирвансайского, Кандиянского, Кызсайского и др. и селепропускного тракта, транспортирующего селевые потоки с обширной площадью (550 км<sup>2</sup>) в р. Сырдарью. Всего на территории Узбекистана запроектированы четыре селезащитные системы, 14 селехранилищ и 40 водохранилищ, большая часть которых принимает и трансформирует селевые паводки. Одновременно на крупных каналах при пересечениях с селевыми руслами предусмотрены сооружения, обеспечивающие безаварийный пропуск селевых потоков.

Защита г. Кварели (Грузинская ССР) от селевых потоков включает регулирование селеносной р. Дуруджи на нижнем участке конуса выноса, защиту земель Кварельского виноградорского совхоза, устройство противоселевого вала, очистку русла от селевых выносов и устройство двух селеметрических станций в верховьях р. Дуруджи.

В зоне Каракумского канала предусмотрено построить 40 селепроводящих сооружений, а в южной части г. Ашхабада уже осуществляется строительство комплекса противоселевых сооружений. Большие противоселевые работы, предусматривающие регулирование рек и закрепление оврагов, ведутся в Карпатах. Разработано технико-экономическое обоснование

инженерной защиты г. Душанбе от селевых потоков и оползней.

Для защиты от селевых потоков деривационных каналов Варзобских гидроэлектростанций в Таджикской ССР во всех небольших селеопасных бассейнах и отдельных логах, пересекаемых каналами, построены габрионовые запруды и запруды из рельс, вбитых в землю и связанных железными перемычками. В более крупных селеопасных бассейнах построены системы мощных каменных запруд.

В защите почв от эрозии и водных источников от заиления и загрязнения стоковыми водами важную роль играют лесные насаждения на землях, нарушенных горнодобывающей промышленностью, на песках и осушаемых землях, а также вокруг городов, промышленных центров и других населенных пунктов. Большое место в системе защитных лесных насаждений занимают государственные защитные лесные полосы, особенно размещаемые по берегам рек.

#### **5. ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО БЕРЕГАМ РЕК, ВОДОХРАНИЛИЩ И ДРУГИХ ВОДОЕМОВ**

Защитные лесные насаждения — важное звено в комплексе мер для борьбы с эрозией почв в прибрежных зонах рек, водохранилищ, прудов и других водоемов. Особенно велико их значение в предотвращении загрязнения вод вредными веществами, заиления и засорения водоемов, а также в защите береговых склонов от подмыва и размыва, улучшении санитарно-гигиенических условий побережья и его ландшафтно-декоративного оформления.

При проектировании и создании защитных мероприятий в зонах расположения водохранилищ и других водоемов руководствуются необходимостью создания взаимоувязанного защитного комплекса в пределах всего водосборного бассейна. При этом учитывают, что влияние водосборной площади на водоемы не одинаково. Удаленные территории в связи с перераспределением поверхностного стока оказывают на водные объекты более слабое воздействие, чем прибрежные. Особенно это характерно для лесных районов Севера и Северо-Запада, где мутность речных потоков в 25...30 раз меньше мутности их в южных равнинных районах и в 100...200 раз меньше мутности горных потоков. Почти у всех водохранилищ выделяют защитную зону, охватывающую территорию от уреза воды до границы местного водосбора овражно-балочных систем, прилегающих к водоему.

Территория местного водосбора — объект детального изучения и место активных защитных мероприятий. Площадь защитной зоны обычно составляет до 10% площади всего водосбора. Общая площадь защитной зоны Куйбышевского водохранилища составила 2,8 млн. га, в том числе лесов государственного значения 563 тыс. га и колхозных — 83 тыс. га. Схемой противозрозионных мероприятий защитная зона Цимлянского водохранилища была установлена 480 тыс. га, Волгоградского — 1570 тыс. га, водохранилища Саратовской ГЭС — 547 тыс. га.

По берегам некоторых водохранилищ (Волгоградского, Новосибирского и др.) в пределах защитной зоны выделены запретные полосы, в состав которых включены прибрежные площади, где запроектированы береговые насаждения. В них включены также наиболее опасные овражно-балочные системы.

По-иному решается вопрос противозрозионной защиты берегов небольших водохранилищ и водоемов, являющихся источниками водоснабжения или предназначенных для других специальных нужд народного хозяйства. По берегам небольших водоемов, обычно расположенных в равнинных районах, где процессы эрозии выражены слабо, запретную и защитную зоны не выделяют; там территория, занятая насаждениями, — единая защитная зона. По берегам водохранилищ и водоемов — источников снабжения населения питьевой водой устанавливают необходимую зону санитарной охраны, в которой предусматривают проведение облесительных и других мероприятий, направленных на повышение качества питьевой воды.

Ширина береговой запретной полосы Волгоградского водохранилища — от 400 м до 5...6 км; общая ее площадь составляет 184 тыс. га, т. е. около 12% площади защитной зоны. При проектировании облесительных работ на Горьковском, Чебоксарском и Новосибирском водохранилищах, расположенных преимущественно в лесной зоне, ширина береговой полосы в пределах гослесфонда была принята 0,5...1,5 км, а на открытых участках — от 50 до 250...500 м.

Лесные насаждения по берегам водохранилищ размещают с учетом характера и типов берегов, положения нормального подпорного уровня (НПУ) и особенностей колебания уровня водохранилища.

Насаждения непосредственно в прибрежной части водохранилищ подразделяют обычно на нижние и верхние, в отдельных случаях выделяют средние береговые. Первые размещают в зоне подтопления или временного затопления (в их состав входят волноломные, или противоабразионные, посадки), а также на конусах выноса овражно-балочных систем, вто-

рые — выше бровки берегового склона; средние береговые насаждения размещают на крутых склонах коренных берегов водохранилища, на оползнях, карьерах и других неудобных землях, расположенных на береговых склонах.

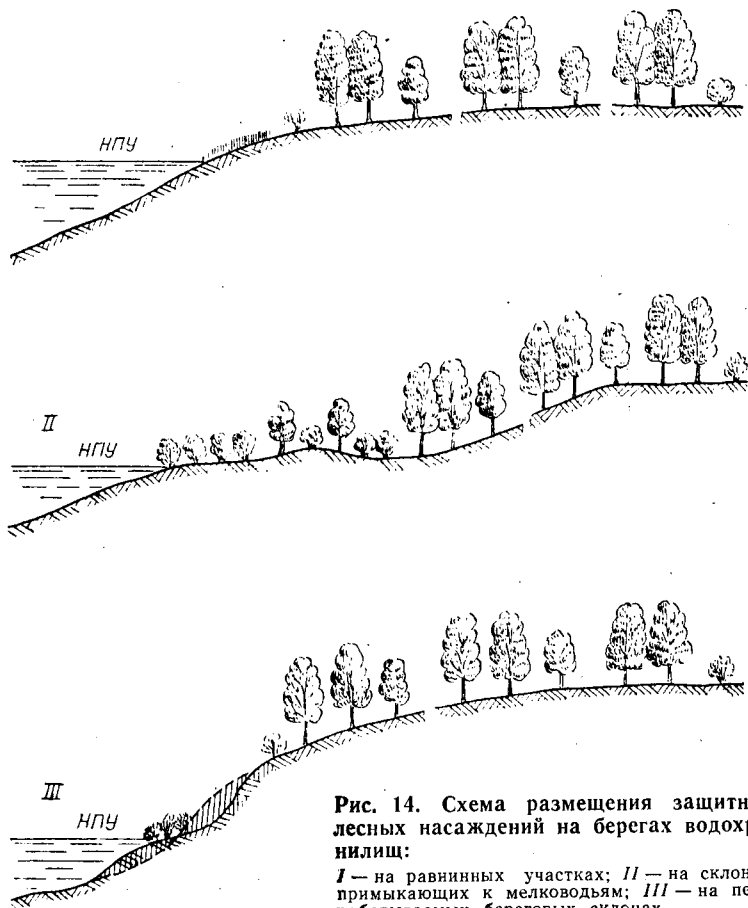
Верхние береговые лесные полосы закладывают, как правило, с отступлением от уреза воды на ширину возможной наиболее интенсивной абразии берегов: интенсивность абразии определяют на ближайшее 10-летие с момента завершения строительства водохранилища. Ширину полос определяют в зависимости от длины, уклона и эродированности вышележащего склона, а также высоты и состояния коренного берега водохранилища с учетом максимального зарегулирования поверхностного стока. Обычно она составляет около 50 м, на сильноразмытых и наиболее ответственных береговых участках она может достигать 100 м и более. Конструкция насаждений плотная.

На равнинных и пологих участках берегов, а также на склонах, которые не будут подвергаться абразии, лесную полосу размещают в непосредственной близости (5...15 м) от НПУ; на абразионных склонах ее создают на расстоянии от НПУ, равном величине отступления берега за 10-летний период. Между урезом воды и береговой полосой создают противоабразивные насаждения (рис. 14).

На питьевых водохранилищах облесению подлежит вся зона санитарной охраны. Для создания наилучших санитарных условий в защитной зоне питьевых водохранилищ, а также уменьшения сноса в водоемы опадающей листвы в насаждения, где это по лесорастительным условиям возможно, включают не менее 50...60% хвойных пород. Кроме того, со стороны водохранилища с той же целью создают 2...3-рядную опушку из стригущейся ели; в ближайших к воде рядах не следует высаживать деревья (тополь и др.), дающие большую массу легко переносимой ветром листвы.

Противоабразионные насаждения рекомендуется создавать в виде волноломных полос, на всех берегах, подверженных абразии, а также по откосам защитных сооружений (дамб, плотин и т. д.). В зависимости от типа берега, профиля защитных сооружений, положения НПУ, величины абразии береговых склонов, характера и размера изменения уровня воды волноломные насаждения можно устраивать как до заполнения, так и после заполнения водохранилищ.

Создание волноломных насаждений до заполнения водохранилищ возможно только в зоне мелкого пойменного подпора при сравнительно небольшом (до 10 м) 10-летнем разрушении



**Рис. 14.** Схема размещения защитных лесных насаждений на берегах водохранилищ:

*I* — на равнинных участках; *II* — на склонах, примыкающих к мелководьям; *III* — на перерабатываемых береговых склонах

берегов, когда НПУ подходит к абразионному берегу на неглубоких отметках затопляемой, хорошо увлажненной террасы. Также насаждения предохранят берега от размыва как путем гашения волн, так и непосредственным скреплением грунта корневой системой. На крутых и обрывистых берегах их можно создать только после переформирования береговых склонов, на образовавшемся пляже.

Опыт, а также проведенные учеными и специалистами исследования показали, что наилучший эффект дают волноломные посадки в сочетании с простейшими инженерными соору-

жениями (бунами, плетнями и волноломами) из местных материалов (камня, бревен, пней, хвороста). Волноломные насаждения должны быть максимально загущенными, с размещением растений на расстоянии  $0,2 \dots 0,3 \times 0,5 \dots 1$  м, главным образом из ив кустарниковых пород (миндальной, русской, пельной и др.). Ряды следует размещать параллельно горизонталям защищаемого откоса; желательны 2...4 ряда закладывать с заглублением в воду. В отдельных случаях, особенно там, где невозможно создать волноломные насаждения или где они не эффективны, используют «живые» ивовые плетни и колья, плетни с каменной засыпкой и др. Положительную роль в противообразном отношении играют посевы риса и другая водная растительность вдоль берегов на мелководьях (Учинское, Волгоградское и др.).

Для насаждений на подтопляемых берегах с переувлажненными почвами используют влаголюбивые древесные и кустарниковые породы, обладающие высокой транспирационной способностью. Ширина таких насаждений зависит от размеров зоны подтопления и почвенно-грунтовых условий. На почвах тяжелого механического состава их устраивают в той части зоны, где возможно заболачивание. На почвах легкого механического состава (песковых, супесях и пр.) насаждения закладывают шириной 30...40 м; отдельные участки подтопляемых берегов осушают.

Средние береговые насаждения размещают в зависимости от расположения верхних и нижних лесонасаждений. Ширина их зависит от протяженности и величины переработки (абразии) берегов. Участки с лучшими почвами при сравнительно небольших уклонах целесообразно использовать под плодородные насаждения. Обнажения коренных пород оставляют под естественное зарастание или закрепляют путем посева семян вразброс.

Защитные лесные насаждения на берегах каналов закладывают с отступлением от бровки канала на 5...15 м. Размещение насаждений зависит от параметров и назначения канала, от транспортных путей вдоль него, объемов ремонтных и очистных работ. Ширину лесной полосы вдоль крупных магистральных и транспортных каналов принимают около 10...30 м с каждой стороны, что вполне достаточно для защитных и озеленительных целей. Такие насаждения созданы по каналу им. Москвы, Волго-Донскому и др.; создают их по Южно-Украинскому, Верхне-Кабаракскому и другим каналам.

В местах, где наблюдается фильтрация воды из канала или

подпор грунтовых вод с приближением их к поверхности окружающих сельскохозяйственных земель, полосы закладывают более широкие (до 50...100 м), главным образом из влаголюбивых и высокотранспирирующих пород (тополя, ивы). Защитные лесные полосы из тополя шириной 40 м по берегам Азовского канала в Ростовской области уже в 4-летнем возрасте ликвидировали неблагоприятные последствия филлятриции.

При разработке мероприятий, направленных на облесение и благоустройство берегов Волго-Балтийского водного пути им. В. И. Ленина (ВБВП), вдоль его берегов была выделена защитная зона шириной в среднем 0,5 км в районе сельскохозяйственных земель и 1 км в пределах одного квартала — гослесфонда. Создаются защитные и декоративные лесонасаждения, осуществляются лесохозяйственные и другие мероприятия. Уже к 1965 г. на всех шлюзах была посажена голубая ель, лиственница, рябина, липа, береза, туя, клен, сирень, роза, спирея и другие породы. Посадка осуществлена крупномерным посадочным материалом. Продолжается озеленение районов гидротехнических сооружений и облесение каналов. Вокруг каждого шлюза на ширину 200...400 м появляются ландшафтные посадки на общем фоне лугового газона. На склонах и удаленных от шлюзов участках создают смешанные плотные лесные культуры, обеспечивающие постепенный переход от лесопарков к окружающим естественным лесам.

Более сложная система защитных мероприятий предусмотрена на берегах Каракумского канала, проходящего в песчаных грунтах. Вдоль канала выделена 200...300-метровая зона, в которой закладывают лесные полосы шириной 35...50 м в сочетании, с механической защитой, а на развеваемых песках и песчаных отвалах сеют травы. Кроме того, выделена охранная полоса шириной 1...2 км, в которой установлен особый режим пользования (регулируют пастьбу скота, высевают травы и т. д.). Закончены закрепление и облесение берегов Аму-Бухарского канала. Кроме защиты дамб и отвалов канала, предусмотрено закрепление песков в его защитной зоне, ширина которой по расчетам с наветренной стороны принята 250 м и с подветренной — 150 м.

Свои особенности имеют защитные лесные насаждения вокруг прудов (рис. 15) и небольших водоемов, где обычно создают противоабразионные насаждения, прибрежные лесные полосы, насаждения по мокрым откосам земляных плотин, а также по берегам водосбросов.

Противоабразионные насаждения призваны защищать крутые берега от абразии, пологие — от заболачивания и засоле-





Рис. 15. Схема размещения защитных лесных насаждений по берегам прудов и небольших водоемов

ния. Их размещают в зоне временного затопления берегового склона от горизонта растительности до максимального подпорного горизонта. В зависимости от величины водного зеркала пруда, устойчивости грунта противоэрозионные, или берегоукрепительные, насаждения создают из 3...5 и более рядов влаголюбивых пород (тополя, ивы).

Прибрежные лесные полосы закладывают вокруг водоемов по всему контуру и размещают выше уреза высоких вод, а при крутых берегах — выше бровки. Ширина их обычно около 15...18 м, реже до 30 м и более. Чем круче склоны, тем шире защитные лесные полосы. Для кольматации твердого стока, поступающего в водоем вместе с водой, по водоподводящим тальвегам создают илофильтры из кустарниковых ив. Для защиты плотин от разрушения волнобоем по их мокрым откосам закладывают 2...3-рядные древесные насаждения или многорядные посадки кустарниковых ив.

Чтобы предотвратить возможное заболачивание прилегающих к плотине земель, в необходимых случаях создают лесные насаждения за сухим ее откосом. По сухому откосу и гребню плотины посадки не делают.

Для предохранения водосбросов от засорения и разрушения по их берегам сажают древесные и кустарниковые породы. В наиболее опасных местах размыва почвы на Волгоградском, Саратовском, Цимлянском и других водохранилищах построены простейшие гидротехнические сооружения. Только в Саратовской области построено более 400 км водозадерживающих

валов, выполнены землеройные работы в объеме свыше 300 тыс. м<sup>3</sup>.

Благодаря облесению берегов каналов, водохранилищ и других водоемов на ранее непродуктивных и малопродуктивных землях созданы полноценные лесные насаждения, которые изменили облик прилегающих районов, улучшили санитарно-гигиенические условия и эстетический вид берегов и прибрежных территорий. В насаждениях прижились и успешно размножаются дикие животные и птицы, заготавливаются местным населением грибы, ягоды, лекарственные растения. Лесные насаждения стали излюбленным местом отдыха трудящихся. Однако еще много предстоит сделать для создания новых защитных лесных насаждений по берегам водоемов, осуществить агролесомелиоративное устройство существующих насаждений, повысить их устойчивость и эффективность.

Существенное значение в общем балансе наносов, поступающих в водохранилище, имеют выносы твердого стока с остатками ядохимикатов и биогенных веществ из речных систем, особенно из верховьев рек и их притоков. Основная масса этих выносов приходится на паводковый период. В связи с этим осуществление мероприятий, направленных на защиту рек от загрязнения и засорения, обеспечение их полноводности становится первоочередной задачей. В нашей стране ей уделяется первостепенное внимание. Об этом свидетельствуют принятые правительственные постановления об охране и защите водных источников от истощения, загрязнения и засорения и, в частности, постановления о мерах по предотвращению загрязнения рр. Волги и Урала, бассейнов Балтийского, Черного и Азовского морей, оз. Байкал, в соответствии с которыми в нашей стране разрабатывают и осуществляют комплекс водоохраных мероприятий. Заслуживает внимание опыт охраны и защиты рек в бассейне рр. Днепра, Десны, Дона и др.; здесь сооружают плотины и водоемы, создают по берегам рек защитные лесные насаждения, закрепляют овраги.

На протяжении ряда лет Союзгипролесхоз разрабатывает схемы водоохраных мероприятий в бассейнах и на берегах основных рек страны. В 1975 г. разработаны технико-экономические обоснования (ТЭО) противозерозионных мероприятий в защитной зоне рр. Волги, Дона, Днепра и Днестра. В них предусмотрены организационно-хозяйственные работы на водосборах, правила противозерозионной агротехники, создание системы полезащитных и водорегулирующих полос, овражно-балочных и береговых лесных насаждений в сочетании с простейшими гидротехническими сооружениями, комплекс противоаб-

разионных и других мероприятий. В защитной зоне Волги намечено заложить более 300 тыс. га лесных насаждений различного назначения, провести лесокультурные и лесохозяйственные работы на площади около 330 тыс. га. Намечено улучшение лугов на площади около 1,5 млн. га. Запланировано построить около 1,4 тыс. км водозадерживающих валов и 2,5 тыс. головных сооружений, около 500 прудов, более 1,1 тыс. донных сооружений, провести террасирование склонов на 15 тыс. га и высеивание оврагов на 41,4 тыс. га.

Большие объемы лесомелiorативных работ предстоит выполнить в защитной зоне р. Дон (свыше 223 тыс. га). Здесь намечено заложить более 100 тыс. га полезащитных и водорегулирующих лесных полос, около 32 тыс. га насаждений на овражно-балочных системах, более 60 тыс. га на песках, около 19 тыс. га водоохранно-защитных и других насаждений. В бассейне Днепра будет заложено около 38 тыс. га новых защитных насаждений и осуществлены работы, направленные на повышение водоохранно-защитных свойств уже созданных насаждений на площади около 60 тыс. га. Большие работы, предотвращающие загрязнение, заиление и засорение русел, будут проведены на водосборных бассейнах Днепра, Десны и других рек нашей страны.

Особого внимания заслуживает охрана водных ресурсов верхнего течения р. Москвы, используемых преимущественно для централизованного водоснабжения. Качество воды должно отвечать требованиям, предъявляемым к источникам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Охрана водных ресурсов р. Москвы, регулирующих в многолетнем цикле ее сток Истринского, Можайского, Рузского и Озернинского водохранилищ, предусмотрена проектом. В районах водохранилищ нет крупных промышленных предприятий. Это предохраняет водохранилища от непосредственного загрязнения сточными водами и от вторичного загрязнения продуктами разложения на дне водоемов органических веществ. Зарастающие мелководья (акватории глубиной 1 м и менее) составляют 5...8% общей водной поверхности водохранилищ. Отделена дамбой долина р. Бодни, сток которой направлен в другой бассейн; построена плотина на р. Колоць для сохранения природного ландшафта Бородинского поля, предотвращено затопление значительной площади мелководий. По берегам Истринского и Можайского водохранилищ созданы защитные лесные насаждения полосами шириной 50...100 м; закладывают лесонасаждения по берегам Рузского и Озернин-

ского водохранилищ, осуществляют водоохранно-защитные мероприятия во всем бассейне верховьев р. Москвы.

В верховьях бассейна р. Москвы намечено увеличить лесистость, особенно в прибрежных районах, ограничить рубки, улучшить состояние и породный состав насаждений. Организуется зона санитарной охраны, которая подразделяется на три пояса. Первый пояс охватывает территорию водозаборных и очистных сооружений; в нем запрещено всякое строительство, не связанное с нуждами водопровода. Во втором поясе запрещено всякое использование территории или источника водоснабжения, могущее вызвать его качественное или количественное ухудшение; в этом поясе ограничено всякое строительство и использование источника. В третьем поясе, охватывающем весь бассейн, органы здравоохранения ведут наблюдения и контроль за соблюдением санитарно-гигиенических требований, а также учет инфекционных заболеваний, которые могут распространиться через воду, и в случае обнаружения их принимают необходимые меры локализации.

Учитывая исключительно высокие водоохранно-защитные и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к р. Москве, в верховьях р. Москвы и ее основных притоков предусмотрено выделение особой санитарно-защитной зоны шириной 500 м, а вдоль притоков 2-го порядка — 250 м по обоим берегам. Намечено создать по берегам р. Москвы и ее притоков более 2 тыс. га защитных лесных насаждений, реконструировать существующие леса путем замены малоценных в гидрологическом и санитарном отношении пород более ценными на площади около 30 тыс. га. Регламентируется использование сельскохозяйственных земель, особенно выпасных угодий, в прибрежной зоне, не допускается пастьба скота возле рек и водопой его непосредственно из водоемов без специальных устройств (автопоилок и пр.).

## **6. ОБЛЕСЕНИЕ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОВРАГОВ И БАЛОК**

Важное место в комплексе мероприятий, направленных на прекращение процессов оврагообразования, а также на обеспечение затухания деятельности ранее образовавшихся форм линейной эрозии, занимают облесение оврагов и балок. Наибольшая их мелиоративная эффективность достигается при проведении таких работ не только на отдельных оврагах и балках или на части овражно-балочных систем, но и на площади всего водосбора, питающего стоком овражно-балочные системы. За-

щитные лесные насаждения создают на присетевой части (приовражных и прибалочных склонах), берегах балок и откосах оврагов, в донной части в комплексе с травосеянием и строительством противозрозийных гидротехнических сооружений, террасированием крутых склонов, а в необходимых случаях и строительством в вершинных размывах водосборных сооружений; эффективны засыпка и выполаживание существующих промоин и оврагов. Защитные лесонасаждения на склонах создают в виде приовражных и прибалочных лесных или лесоплодовых полос, в некоторых случаях — сплошного облесения. Приовражные и прибалочные полосы закладывают для задержания снега на прилегающих к бровке частях склонов и предотвращения сдувания его в овражно-балочные системы, поглощения жидкого и коьматации твердого стока, а также для скрепления корневыми системами растений почвы и защиты от размывания частей склонов, расположенных ниже полосы. Их закладывают на нижних частях водосборных склонов, вдоль бровок оврагов и балок на минимальном расстоянии от бровок. Вдоль задернелых, незэродированных балок создавать прибалочные полосы можно только в тех случаях, когда эти балки являются границами полей севооборотов, причем минимальной ширины. Закладывают их по обеим сторонам балок (если оба берега имеют значительную крутизну) или по какой-либо одной стороне, если один из берегов пологий, благоприятен в почвенном отношении и его можно использовать под плодово-ягодные, технические и другие ценные культуры. Если бровки балок примыкают к пастбищным угодьям, а граница пашни из-за большой смывости находится на значительном расстоянии от бровки в сторону водораздела, прибалочные полосы закладывают по границе пашни с пастбищными угодьями. Приовражные лесные полосы создают вдоль обеих сторон оврага, при интенсивном росте оврага в длину — выше вершин на расстоянии 20...30 м. Вдоль бровок оврагов лесные полосы создают лишь в том случае, если овраги выходят за бровку балки на склон и простираются в сторону поля на 50 м и более. При облесении ветвистых вершин оврагов полосы проектируют вокруг каждого отвершка, если расстояние между ними превышает 100 м; при расстоянии между ними менее 100 м обычно закладывают одну общую полосу выше ответвлений, а площадь между отвершками отводят под залужение или сплошное облесение.

На лучших по почвенным условиям и экспозиции участках приовражных и прибалочных склонов нередко закладывают лесоплодовые полосы. Существенная особенность таких полос — обязательное участие в их составе кустарников. В условиях

лесостепи довольно часто приовражные и прибалочные лесонасаждения создают с использованием многолетнего люпина как эффективного средства борьбы с эрозией почв и сорной травянистой растительностью.

Дополнительное звено в системе противоэрозионных мероприятий — защитные лесонасаждения на берегах балок и откосах оврагов. Основное их назначение заключается в скреплении и защите берегов балок и откосов оврагов от разрушения эрозией, в поглощении поверхностного стока, а также в регулировании таяния снега. Защитные лесные насаждения на берегах балок закладывают в основном на малопродуктивных или не используемых в сельскохозяйственном производстве землях. Участки берегов незначительной крутизны с лучшими почвами отводят под сельскохозяйственное использование, как правило под плодово-ягодные, технические и другие ценные культуры или под залужение, с применением агроприемов, направленных на улучшение травостоев. При крутизне берегов до  $12^\circ$  образовавшиеся неглубокие (до 2 м) овраги и промоины подлежат засыпке, а более глубокие (до 6 м) — выполаживанию. Для защиты засыпанных и выполаженных размывов от повторного разрушения стоком в вершинных частях балок предусматривают водоотводные валы. После выравнивания размывов на мелиорированной площади участка можно посеять травы для коренного или поверхностного улучшения травостоев.

На берегах балок со смытыми почвами и бедным в кормовом отношении травостоем целесообразно закладывать защитные лесонасаждения преимущественно из неприхотливых к почвенным условиям пород. Характер использования таких площадей, а также технология выращивания лесных насаждений зависят от особенностей рельефа и крутизны берегов. При уклонах до  $12^\circ$  рекомендуют полосное облесение берегов поперек склона в чередовании с залуженными лентами. Полосную подготовку почвы на берегах такой крутизны осуществляют обычными машинами и агрегатами по системе летнего или позднего пара. На участках с сильно смытыми почвами возможно сплошное облесение с использованием специальной крутосклонной техники или по напашным террасам. На средне- и сильно смытых участках берегов крутизной  $12...35^\circ$  с мелкими оврагами и промоинами целесообразно создавать защитные лесонасаждения по нарезным террасам; при террасировании одновременно засыпают овраги и промоины. Расчлененные глубокими оврагами берега балок крутизной до  $25^\circ$ , где образовались межовражные участки, не используемые в сельском хозяйстве, можно осваивать под облесение площадками, подготовленными пло-

щадкоделателем, на более пологих берегах (до 12°) — ямокопателями.

В условиях черноземной зоны на слабоэродированных балках с крутизной берегов до 20° допускается создание широких террас для выращивания различных сельскохозяйственных культур (зерновых, кормовых, зернобобовых, трав и пр.). Во избежание возможного размыва террас должен быть соблюден обязательный отвод стока, который может поступить на террасированные склоны с водосбора. При благоприятных почвенных условиях и экспозиции на берегах балок можно закладывать плантации технических (орехоплодных, витаминного шиповника, облепихи и др.), а также плодово-ягодных культур.

На сильноэродированных берегах балок крутизной более 30° подготовку почвы и посадку (посев) сеянцев выполняют обычно вручную. По откосам оврагов с несформировавшимся углом откоса (профилем равновесия) для более активного воздействия на этот процесс, следует облесять зону водотока, на нижней части откосов высаживать черенки ивовых и тополевых пород в 2...3 и более ряда. На откосах оврагов с незаконченным формированием угла естественного откоса может быть рекомендован посев в осенний, зимний (по снегу) и ранневесенний периоды семян не очень требовательных к почвенным условиям древесных и кустарниковых пород (клена ясенелистного и татарского, груши обыкновенной, терна, облепихи и т. д.).

Для ослабления подмыва берегов балок, предупреждения дальнейшего развития донных оврагов, прекращения процесса углубления русла водотоков, а также максимального задержания твердого стока и переносимого им обломочного материала и материнских пород в устьевую часть (конусы выносов) облесяют донную часть оврагов и балок. При поступлении в балку или овраг больших объемов стока, часто вызываемых притоком воды по рубежам (бороздам, колеям дорог, валам и др.) с соседних водосборных площадей, создаются предпосылки для возникновения донных размывов и вторичных оврагов. В связи с этим необходимо предусматривать регулирование стока в вершинах балок и оврагов путем устройства распылителей стока на водосборе и отвода воды в близлежащие неразмываемые места, водозадержание путем устройства водохранилищ, а также устройство подпорных стенок и перепадов в вершинах, а в образовавшихся донных размывах — систему донных запруд. Все эти сооружения следует создавать в комплексе с защитными лесными насаждениями.

Для защиты ценных угодий от продуктов твердого стока в донной части создают многорядные чередующиеся загущенные

## 65. Основные древесные и кустарниковые породы для создания насаждений на оврагах и балках

Почвенно-климатические районы		
Лесостепь	Степь	Сухая степь
Почвы серые лесные, черноземы выщелоченные, мощные	Черноземы обыкновенные, приазовские, предкавказские	Южные черноземы с комплексом солонцеватых почв; темно-каштановые и светло-каштановые

### Приовражные и прибалочные склоны

#### Главные породы

Дубы (черешчатый, красный), береза бородавчатая, лиственница сибирская, сосны (обыкновенная и веймутова), тополя (бальзамический, канадский, восточный и китайский)

Дуб черешчатый, береза бородавчатая, сосна обыкновенная (на песчаных почвах и мелях), ясень обыкновенный, вяз мелколистный, акация белая. В районах с приазовскими и предкавказскими черноземами — акация белая, гледичия, сосна крымская, орех черный

Вяз мелколистный, дуб черешчатый. В районах Приазовья, Северного Кавказа, южных районах Украины — орех грецкий, акация белая, гледичия

#### Сопутствующие

Липа мелколистная, клен остролистный, яблоня сибирская, груша, рябина, осина (в прирвочной части)

Вяз обыкновенный, ясень зеленый, яблоня лесная, рябина, клен ясенелистный. В районах с приазовскими и предкавказскими черноземами — клен полевой, каркас западный, липа мелколистная, вишня магалебская, алыча, абрикос, шелковица белая

Ясень зеленый, берест, груша лесная, клен ясенелистный, алыча, абрикос, шелковица белая, вишня, клен татарский

#### Кустарники

Лещина, свидина, бузина красная, жимолость татарская, облепиха, вишня магалебская, терн, шиповник, бирючина, снежноягодник, арония, клен татарский, сирень обыкновенная, ирга

Жимолость татарская и обыкновенная, смородина золотистая, ирга, бузина красная, терн, акация желтая, дереза, лох узколистный, клен татарский

Смородина золотистая, жимолость обыкновенная, вишня магалебская, ирга, дереза, акация желтая, скумпия, лох узколистный, бузина красная, облепиха



Почвенно-климатические районы		
Лесостепь	Степь	Сухая степь
Почвы серые, лесные черноземы выщелоченные, мощные	Черноземы обыкновенные, приазовские, предкавказские	Южные черноземы с комплексом солонцеватых почв; темно-каштановые и светло-каштановые

## Берега балок и крутосклоны

*Главные породы*

Дубы (черешчатый, красный), береза бородавчатая, лиственница сибирская, сосны (обыкновенная и веймутова), тополя (бальзамический, канадский)

Дуб черешчатый, береза бородавчатая, сосна крымская

Вяз мелколистный, акация белая, гледичия, груша

*Сопутствующие*

Липа мелколистная, вяз обыкновенный

Вяз обыкновенный, ясень зеленый, клен ясенелистный

Клен ясенелистный, акация белая, клен татарский

*Кустарники*

Лещина, свидина, бузина красная, жимолость татарская, акация желтая, шиповник, клен татарский, бирючина, снежноягодник, арония, ирга

Жимолость татарская, бузина красная, акация желтая, шиповник, лох узколистный, скумпия, ирга, снежноягодник, арония

Жимолость татарская, акация желтая, скумпия, лох узколистный, вишня магалебка, ирга

## Дно оврагов и балок

Осина, осокорь, ольха черная (при постоянном увлажнении), тополя (бальзамический, канадский), ива (древовидная и кустарниковые формы), вяз обыкновенный

Ива (древовидные и кустарниковые формы), тополя (бальзамический, китайский, белый, осокорь), ольха черная (при постоянном увлажнении), клен ясенелистный, вяз обыкновенный

Акация белая, тополя (канадский, китайский), берест, ива (древовидные и кустарниковые формы), клен ясенелистный, груша дикая

полосы из кустарниковых ив, способных за сравнительно короткий срок (2...3 года) образовать большую массу побегов, хорошо фильтрующих жидкий и колюматизирующий твердый сток. В зависимости от ширины дна балок почвы для посадок готовят механизированным, конным способами или вручную (лопатай). При механизированной подготовке почвы (площад-

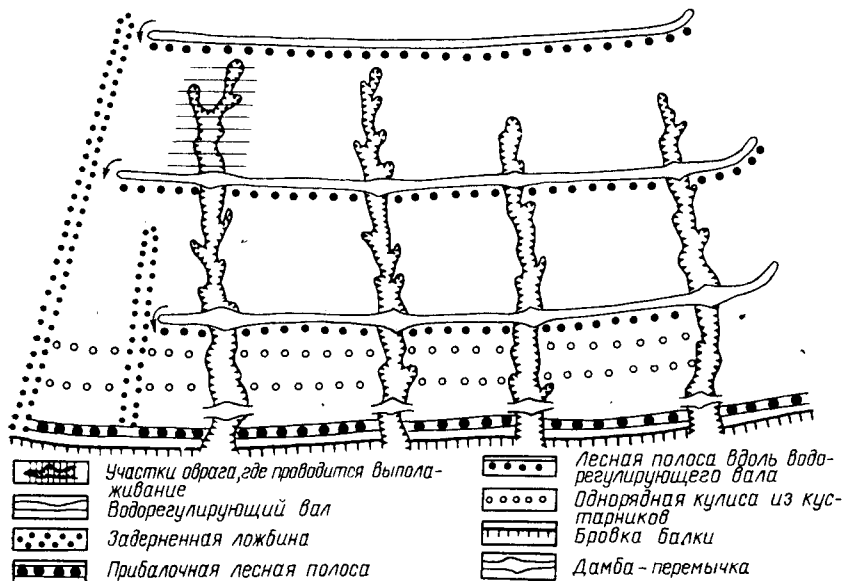
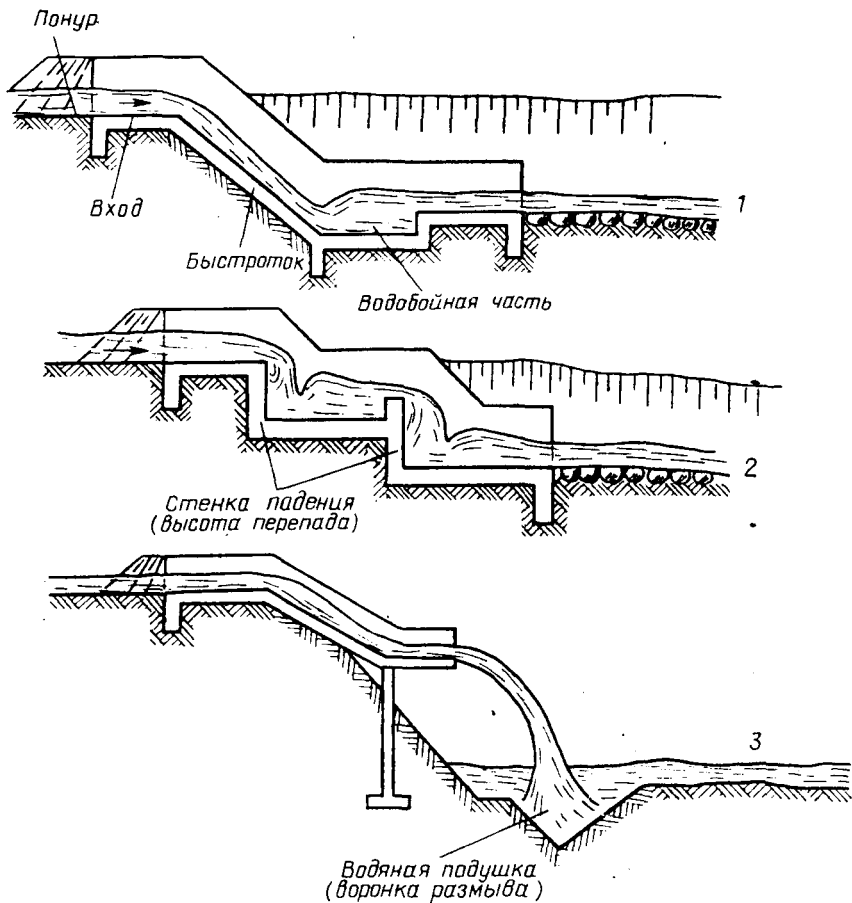


Рис. 16. Схема размещения противоэрозионных мероприятий на овражных системах (по В. К. Духнову)

коделателем ПН-1-0,8) посадочные места размещают на расстоянии  $1,5 \times 1$  м, при конной (в плужные борозды) —  $2,5 \times 0,5$  м, при ручных работах —  $3 \times 0,5$  м.

Для предупреждения быстрого заиления водозадерживающих и водоотводящих валов в первые годы после их создания необходимо проводить залужение вышележащих не используемых под посевы эродированных площадей, а также водоподводящих ложбин. На небольших участках, заключенных между валами и бровкой оврагов, предусматривают сплошное облесение для скрепления почвы корнями древесных и кустарниковых пород в прибалочной части и защиты бровок от обрушения. Для лучшего сохранения и предупреждения быстрого заиления созданной вблизи вершины размыва системы водозадерживающих валов целесообразно на всей площади валов и между ними сеять травы, среди которых должны быть наиболее долговечные дернинные злаки.

Противоэрозионные насаждения создают смешанными, чередуя чистые ряды главных и сопутствующих пород, за исключением лиственницы, которую чередуют в рядах с сопутствующей



**Рис. 17.** Схематическое изображение водосборных сооружений, применяемых при закреплении оврагов: √

1 — быстроток; 2 — двухступенчатый перепад; 3 — консольный сброс

породой и кустарником. Чистые насаждения закладывают на участках с резко выраженными специфическими особенностями почв. В схемах смешения древесных и кустарниковых пород следует учитывать их максимальную мелиоративную эффективность, высокую биологическую устойчивость, долговечность и т. п. Ассортимент древесных и кустарниковых пород, рекомендуемый для создания различных категорий защитных лесных

насаждений на оврагах и балках с учетом зональных типов почв, приводится в табл. 65.

В условиях лесостепи на смытых почвах рекомендуется сосна обыкновенная (преимущественно на легких почвах), береза бородавчатая, лиственница сибирская, сосна веймутова; из кустарников — лещина (на мало- и среднесмытых почвах), бузина красная, жимолость татарская. Дубовые посадки закладывают в основном на несмытых и слабосмытых почвах. В степи на смытых почвах можно использовать вяз мелколистный, берест и акацию белую, а также кустарники: вишню магалевскую, жимолость татарскую, смородину золотистую, скумпию, иргу, лох узколистный, облепиху, шиповник. Не рекомендуется сажать на смытых почвах вяз обыкновенный, клены остролистный и полевой, дуб черешчатый, ясень и яблоню лесную.

Эффективный способ борьбы с эрозией — залужение эродированных склонов. При залужении используют довольно широкий состав трав и их смесей (костер безостый, житняк ширококолосый, эспарцет, люцерну желтую и гибридную овсяницу луговую; пырей безкорневищный, клевер и др.).

Неотъемлемая часть системы противоэрозионных мероприятий — простейшие гидротехнические сооружения (водозадерживающие и водорегулирующие валы, валы-террасы, распылители стока; водосбросные сооружения — лотки-быстротоки, перепады, шахтные и трубчатые водосбросы; донные сооружения — запруды, перепады и т. д.). Для закрепления оврагов и регулирования стока в оползневых районах, а также вблизи промышленных предприятий и населенных пунктов устраивают более сложные гидротехнические сооружения: дренажные галереи и коллекторы, плотины, ливнеотводы, подпорные стенки и др.

Опыт осуществления комплекса противоэрозионных мероприятий накоплен в Украинской ССР, Воронежской, Волгоградской, Саратовской, Ростовской и других областях (рис. 16 и 17). Широкое распространение получило новое направление борьбы с оврагами — их засыпка и выполаживание с трансформацией угодий в культурные земли.

## **VI. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ВОДООХРАННО-ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ**

Необходимость выделения водоохранно-защитных лесов (запретных полос лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, включая запретные полосы лесов,

защищающие нерестилища ценных промысловых рыб), в особую категорию, усиление их водоохраных, водорегулирующих и защитных свойств предопределяют направленность и особенности организации и ведения хозяйства в них.

Особого внимания заслуживает качество воды, являющееся проблемой чрезвычайно социальной важности. Водоохранно-защитная и водорегулирующая роль лесов, а также их влияние на качество воды в водоемах зависят не только от степени и характера облесенности водосборных площадей, но и от ведения лесного хозяйства в них, применения комплекса лесохозяйственных мероприятий (рубок, механизации лесозаготовок, подготовки почвы и т. д.). Наилучшими водоохранными и почвозащитными свойствами обладают леса с влагоемкой подстилкой, хорошим структурно-агрегатным составом почвы, глубокой, разветвленной корневой системой деревьев. Этим условиям в наибольшей степени удовлетворяют сложные смешанные в ярусах насаждения, обладающие высокой продуктивностью и устойчивостью. Водоохранно-защитные функции выполняются не только запретные полосы вдоль рек, но и все леса, расположенные в пределах водосборных бассейнов. Следовательно, ведение хозяйства в них необходимо планировать и осуществлять с учетом границ водосборных бассейнов. К сожалению, лесохозяйственные мероприятия планируют по административным и лесохозяйственным предприятиям без учета водосборных бассейнов ручьев и рек, что не всегда отвечает требованиям, предъявляемым к этим лесам, и снижает их мелiorативное воздействие. В водоохранно-защитных, в первую очередь в горных лесах необходимо переходить к организации и ведению лесного хозяйства с учетом границ элементарных водосборных бассейнов. Очень важно форсировать выделение запретных полос лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, где они еще не выделены. Необходимо внести коррективы в уже выделенные запретные лесные полосы. В нашей стране разработаны основные принципы и нормативы выделения запретных лесных полос, а также положения об организации ведения лесного хозяйства в них.

Запретные лесные полосы по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов выделяют из лесов II и III групп; в лесах I группы их не выделяют, так как в соответствии с Основами лесного законодательства Союза ССР и союзных республик и другими законодательными актами в них приняты более строгие режимы ведения лесного хозяйства, чем в лесах запретных полос. При выделении запретных лесных полос применяют нормативы, утвержденные в 1978 г. Гослесхо-

## 66. Ширина запретных лесных полос по берегам рек

Регион (бассейны, леса, растительные зоны)	Ширина полос, км, при протяженности рек, км			
	до 100	101 ... 300	301 ... 500	501 ... 1000
<i>Европейская равнинная часть</i>				
Леса Балтийского бассейна,	0,3	0,50	0,75	1,00
Беломорского, Баренцево- Печорского, Каспийского	0,3	0,50	1,00	1,50
Азово-Черноморского	0,3	0,40	0,50	0,75
<i>Урал</i>				
Равнинные леса	0,3	0,50	0,75	1,50
Горные леса от уреза воды или поймы до вершины первого склона, обращенного к реке, но не более	0,3	0,75	1,00	1,50
<i>Сибирь</i>				
Равнинные леса:				
северной и средней тайги	0,3	0,50	1,00	2,00
южной тайги, лесостепи и островной степи	0,03	0,40	0,50	1,00
Горные леса от уреза воды или поймы до вершины первого склона обращенного к реке, но не более	0,3	0,70	1,00	2,00
<i>Дальний Восток</i>				
Долино-равнинные леса	0,3	0,50	0,75	1,00
Горные леса — от уреза воды или поймы до вершины первого склона, обращенного к реке, но не более	0,3	0,75	1,00	1,50

зом СССР. В табл. 66 приведены нормативы выделения запретных полос лесов по берегам рек равнинной европейской части СССР, Уральского региона Сибири и Дальнего Востока.

Запретные лесные полосы выделяют вдоль рек протяженностью более 25 км, а также вокруг водохранилищ и озер площадью более 100 га; по рекам протяженностью менее 25 км выделяют защитные участки, ширина которых определяется региональными правилами рубок главного пользования. На реках, не имеющих поймы, ширину запретных полос определяют

от уреза воды, а при расчлененности русла реки на протоки — от берега внешней протоки. Вдоль рек с четко выраженной поймой в состав запретных полос включают пойму и полосу леса, определяемую по нормативам. У истоков рек протяженностью более 25 км в лесах выделяют запретные полосы шириной равной ширине запретной полосы, установленной для данной реки. Ширина запретных лесных полос по берегам рек Кавказа, Крыма и Карпат при общей протяженности примыкающих к берегу реки склонов до 500 м и их крутизне до 10° колеблется от 200 до 350 м. Ширина запретных лесных полос по берегам рек Кавказа, Крыма и Карпат следующая (км):

Протяженность рек . . . . .	До 50	51...100	101..200
Нижнегорная лесная полоса (до 500 м над уровнем моря) дубовые и дубово-грабовые леса . . . . .	0,30	0,35	0,35
Среднегорная лесная полоса (500...1000 м над уровнем моря) — буково-грабовые леса . . . . .	0,25	0,30	0,30
Высокогорная лесная полоса (свыше 1000 м над уровнем моря) — буково-пихтовые, пихтовые и сосновые леса	0,20	0,25	0,30

Нормативная ширина запретных лесных полос по берегам рек Казахстана следующая (км):

Протяженность рек . . . . .	До 100	101...300	301 и более
Лесостепи, степи и Казахстанский мелкосопочник . . . . .	0,2	0,50	1,0
Горные леса от уреза воды или поймы до вершины первого склона, обращенного к реке, но не более . . . . .	0,3	0,75	1,0

Горные склоны крутизной более 30°, примыкающие к рекам, включают в запретную полосу полностью. Внешнюю границу запретных лесных полос следует совмещать с линейными ориентирами на местности (квартальными просеками, визирами, дорогами, линиями электропередач и др.). Ширину запретных лесных полос вокруг озера и водохранилищ устанавливают равной ширине выделенных полос по берегам впадающим или вытекающим из них рек.

По рекам, имеющим большое водохозяйственное значение и расположенных в эрозионно опасных районах, размеры запретных лесных полос устанавливают на основании специальных исследований и изысканий. Запретные лесные полосы по

берегам рек протяженностью более 1000 км и вокруг водоемов (озер, водохранилищ) площадью свыше 10 тыс. га, а также по берегам судоходных и магистральных каналов следует устанавливать с учетом народнохозяйственного значения в соответствии со специально разрабатываемыми технико-экономическими обоснованиями.

При оценке эффективности выделенных защитно-водоохраняемых лесов следует учитывать и рыбохозяйственную значимость водных экосистем. Видовые признаки и свойства рыб, характерные черты их поведения, биологии и строения тесно связаны с особенностями внешних условий. Системы этих связей вырабатывались в течение многих тысячелетий. Резкое изменение факторов окружающей среды может привести (нередко и приводит) к вырождению популяции, а иногда и к гибели [145]. В водной среде особенно важны состояние водного, газового, температурного и гидрохимического режимов, содержание наносов и условия освещенности. Очень важно для сохранения условий, необходимых для успешного воспроизводства рыб и предотвращения разрушения водных экосистем, правильное ведение лесного хозяйства и лесоэксплуатационных работ на всей площади водосборного бассейна и прежде всего на водосборах малых рек.

Специфика защитной роли лесов вдоль рек и вокруг водоемов требует строгого режима ведения в них хозяйства, что обуславливает необходимость выделения в особую категорию лесов вдоль всех рек, являющихся местом нереста ценных видов рыб. Ведение хозяйства в лесах запретных полос вдоль рек, озер, водохранилищ и других водоемов, а также в других водоохранно-защитных и водорегулирующих насаждениях имеет свои особенности, которые определяются назначением и характером их размещения, особенностями лесных формаций, лесоводственно-мелиоративными свойствами и специфическим для отдельных древесных пород и насаждений лесовосстановительным процессом.

Особое внимание следует обращать на образование хозяйственных единиц, лесовыращивание, способы рубки и возобновления, возрасты рубок и рубки ухода за лесом. Важность водоохранно-защитных лесов и особенно лесов запретных полос требует высокой точности инвентаризации лесных насаждений. Нет сомнения, что целевому назначению этих лесов наиболее соответствует участковый или секционно-лесоводственный метод лесоустройства. Цель участкового метода лесоустройства — ведение хозяйства на каждом отдельном участке леса, секционно-лесоводственного — организация секций, в которые объединяются однородные по хозяйственным и природно-историческим



условиям насаждения, территориально разъединенные, но требующие единого режима хозяйства и лесоводственно-технических решений. При инвентаризационных работах в водоохранозащитных лесах вдоль рек необходимо учитывать их целевое назначение. В связи с этим следует отмечать факторы, совокупность и сочетание которых определяют характер и степень проявления лесами защитных свойств.

Более детального изучения требуют рельефные и почвенные условия. Эти данные по каждому выделу и в целом по кварталу служат основой для планирования и ведения хозяйства в лесах, т. е. в формировании постоянных хозяйственных участков при участковом методе лесоустройства или организации секций при секционно-лесоводственном устройстве лесов, в выборе способов рубок, при проектировании и осуществлении лесовосстановительных работ и других лесохозяйственных мероприятий. Переход на более точные методы таксации и участковый метод хозяйства требует дифференцированного подхода к организации хозяйственных частей, которая в значительной степени зависит от особенностей территории, где расположены запретные полосы (высокие суходольные и заливные берега рек). Организация самостоятельных хозяйственных частей — суходольной и заливной — в запретных лесных полосах обеспечит ведение хозяйства, направленное на защиту водоемов от заиления и загрязнения продуктами поверхностного стока.

При участковом методе лесоустройства особое внимание следует уделять формированию постоянных хозяйственных участков. Определяющие требования их создания — основные хозяйственные мероприятия, в которых нуждаются донные древостои, с учетом их состояния, крутизны склонов, степени развития эрозийных процессов и других факторов.

В запретных лесных полосах вдоль рек, озер, водохранилищ и других водоемов хозяйство должно быть направлено на выращивание древостоев, обладающих высокими противоэрозийно-аккумулятивными свойствами. Для этого необходимо добиваться такого сочетания древесных и кустарниковых пород, которое обеспечивало бы наибольшее защитно-мелиоративное и водоохранное влияние их на длительный период. Этого можно достичь путем создания сложных смешанных насаждений, которые своей хорошо разветвленной корневой системой по всему профилю почвы и мощной лесной подстилкой препятствуют образованию поверхностного стока, а следовательно, и развитию эрозийных процессов. В результате более полного использования почвенных питательных веществ в сочетании с водными, солнечной энергии и других природных факторов в смешан-

ных насаждениях проявляются наилучшие водоохранные и почвозащитные свойства. В массивах вдоль рек такие насаждения можно создавать путем введения главных пород под полог вырубаемых насаждений разных пород (предварительные или подпологовые лесные культуры), посадки главных пород среди возобновившихся сопутствующих и подлесочных пород, а также путем введения подгоночных пород второго яруса и подлесочных пород под полог формирующихся насаждений только из главных пород (реконструируемые лесокультуры). Заметное влияние на формирование будущих лесов по берегам рек и других водоемов окажет создание сплошных лесных культур на необлесенных территориях (лесокультурных площадях).

Возможность создания смешанных и сложных древостоев вдоль рек определяется прежде всего почвенно-гидрологически и другими условиями, а также составом произрастающих древесных и кустарниковых пород и их взаимоотношениями. Подбор ассортимента пород и их первоначального сочетания при создании сложных насаждений с хорошо выраженными водоохранными, водорегулирующими, почвозащитными, почвоулучшающими свойствами в различных типах лесорастительных условий следует осуществлять в зависимости от их биоэкологических свойств и особенностей условий произрастания. Важно обращать внимание на факторы, снижающие эффективное плодородие почв и тем самым замедляющие малый биологический круговорот веществ в лесу. В качестве главных пород могут быть использованы сосна обыкновенная, дуб черешчатый, лиственница сибирская, ольха черная и др., сопутствующих — березы бородавчатая и пушистая, липа мелколистная, клен остролистный, ольха серая, вяз, груша, яблоня и др. В качестве подлесочных пород следует использовать лещину, рябину, бузину черную и красную, жимолость, калину, крушину, клен татарский, иргу, облепиху и др. Породы, слабо выполняющие противозерозийно-аккумулятивную и водоохранную роль, в состав лесов вдоль рек, водохранилищ и других водоемов вводить не следует. Например, ель слабо влияет на проникновение влаги в глубь почвы, так как обладает поверхностной корневой системой, малой влагоемкостью подстилки, теневыносливостью и препятствует развитию второго яруса и подлеска; она часто страдает от ветровала, не противостоит образованию оползней. Ельники оподзоливают почву, ухудшают ее структуру и влагопоглощательные свойства. В связи с этим нецелесообразно восстанавливать еловые леса на склонах коренных берегов рек.

Решающее значение при выборе направления лесовыращивания в поймах рек имеют специфические особенности лесора-

стительных условий (периодическое затопление, отложения аллювия и продуктов эрозии). Древесные и кустарниковые породы, используемые при облесительных работах в поймах, должны безболезненно переносить временное затопление, успешно возобновляться вегетативным путем и образовывать придаточные корни, обеспечивающие хороший рост и развитие прирусловых насаждений.

На основании данных, полученных в результате выявления биоэкологических особенностей древесных и кустарниковых пород (выносливости при затоплении, способности придаточного корнеобразования и вегетативного воспроизводства) в условиях прирусловой поймы, А. К. Денисов [52] предложил шкалу поймостойкости основных древесных и кустарниковых пород лесной зоны. В порядке убывания поймостойкости они распределяются следующим образом: ивы кустарниковые (поймостойкие — ива трехтычинковая, ива русская, шелюга красная и др.), ива белая (ветла), тополь черный (осокорь), вяз обыкновенный, ольха серая, ольха черная, дуб летний и осина, липа мелколистная, береза бородавчатая, сосна, клен остролистный, ель; подлесочные породы — черемуха, смородина и дерен сибирский, калина, крушина ломкая и шиповник коричный, жимолость обыкновенная, бересклет бородавчатый, рябина, дрок красильный и ракитник.

Ель и клен остролистный отличаются наименьшей поймостойкостью и их не следует рекомендовать для лесоразведения в поймах рек; осину в этих условиях также нежелательно выращивать, так как она легко поражается грибными болезнями. Из подлесочных пород наибольшую ценность в защитно-водоохранных лесных полосах представляет черемуха, смородина, дерен сибирский, калина, крушина ломкая, шиповник коричный; менее устойчивы жимолость обыкновенная и бересклет бородавчатый. Остальные породы целесообразны при закладке насаждений на высокой (незатопляемой или редко затопляемой) прирусловой пойме. В связи с тем, что в водоохранным-защитных насаждениях необходимо вертикальное смешение пород, в культурах сочетание их должно быть более равномерным (рядами, звеньями); целесообразно такое сочетание и для временных примесей.

Режим выращивания сложных смешанных водоохранных насаждений должен обеспечить более резкое состояние и размещение деревьев, формирующих основной полог, и в то же время подгон и затенение их в нижней части вторым ярусом и подлеском.

Водоохранным-защитная и водорегулирующая роль лесов рез-

ко изменяется под влиянием рубок и механизации лесозаготовительных работ. Под влиянием рубок изменяются физические свойства почвы, увеличивается ее плотность и снижается скважность; на сплошных вырубках с тяжелыми подзолистыми суглинными почвами этот процесс проходит более интенсивно. Заметно снижается водопроницаемость почвы на вырубках с недостаточным возобновлением или используемых под сенокосение. При выборочных и постепенных рубках водно-физические свойства почвы изменяются в меньшей степени.

Снижение водопроницаемости почв способствует усилению поверхностного стока, а также развитию эрозийных процессов. По данным А. А. Молчанова, в Воронежской и Московской областях после сплошной рубки коэффициент весеннего (поверхностного) стока в первые 2 года увеличился в 4...5 раз, затем по мере возобновления леса на вырубке уменьшился [111, 115]. Примерно такие же данные получены и в других районах страны. В связи с этим в лесах запретных полос проводят лесовосстановительные работы способами, направленными на создание благоприятных условий для успешного лесовосстановления, на улучшение лесной среды, состояния древостоев, водоохраных, защитных и других свойств леса. Этого можно достичь прежде всего значительным ограничением размера лесосек, строгим соблюдением сроков и способов их примыкания, наиболее рациональным направлением рубки, а также сохранением подроста. Ежегодный размер рубок определяют так же, как и в лесах II группы. При установлении возрастов рубок руководствуются возрастом технической спелости леса, что, по-видимому, нуждается в уточнении; в запретных лесных полосах следует учитывать период максимального проявления водоохранно-защитных свойств древостоев. В лесах запретных полос, защищающих нерестилища ценных промысловых рыб, следует проводить только рубки ухода и санитарные рубки. Допускаются в них выборочные рубки. В горных лесах применяют способы рубок с учетом особого защитного противозерозийного и водорегулирующего значения этих лесов.

Не все леса в одинаковой степени выполняют водоохранно-защитные функции. Например, опушки по границам с безлесными территориями, лесные насаждения по овражно-балочным системам на крутых склонах, осыпях и других участках имеют исключительно большое стокорегулирующее почвозащитное значение, а участки леса на пологом склоне — небольшое [111, 166], поэтому при отводе лесосек в рубку сохраняют особо важные защитные участки, в которых устанавливают особый режим пользования и технологию лесоэксплуатационных работ.

В них проводят преимущественно выборочные, группово-выборочные и постепенные рубки. Рубки сплошными узкими лесосеками допустимы только при замене насаждений, теряющих защитные свойства и другие лесоводственные данные. Такие же способы рубок следует применять и в прибрежных полосах вдоль горных рек. Лесосечные работы в особо важных защитных участках следует проводить преимущественно в зимний период.

В лесах первого и второго поясов зон санитарной охраны источников водоснабжения, государственных лесных полосах, противозрозионных лесах допускаются только рубки ухода и санитарные рубки; возрасты лесовосстановительных рубок в них не устанавливаются. В запретных полосах лесов по берегам рек и других водоемов Верхней Волги на территории Калининской области возраст рубки хвойных, твердолиственных пород и березы принимают на один класс выше по сравнению с возрастом рубки в эксплуатационных лесах.

Большим недостатком современного ведения лесного хозяйства, особенно в горных лесах, состоит в том, что в пределах лесхозов и лесничеств рубки планируют без учета границ бассейнов рек и ручьев. В результате этого на отдельных водосборных бассейнах нередко полностью вырубают лес, что приводит к резкому повышению весенних паводков, пересыханию ручьев и рек в летний период, развитию эрозионных процессов и загрязнению водоемов продуктами поверхностного стока. Для устранения этих отрицательных последствий рубок лесохозяйственные мероприятия необходимо планировать с учетом границ элементарных водосборных бассейнов; следует стремиться к равномерному распределению рубок по площади бассейна реки, не допуская одновременно сплошной вырубке леса на всей площади даже малых водосборов ручьев и рек, которые являются составной частью крупных рек [155].

Механизированные лесозаготовки без учета лесоводственных требований оказывают более ощутимое влияние на изменение среды, поверхностный сток, эрозионные процессы, загрязнение и заиление рек продуктами поверхностного стока, чем другие рубки, поэтому при конструировании новых машин особое значение имеет соблюдение лесоводственных требований, обеспечивающих охрану, защиту и своевременное возобновление вырубаемых площадей.

При проведении рубок необходимо стремиться к минимальному повреждению почвенного покрова, сохранению подроста и не подлежащих рубке деревьев. Этого можно достичь путем применения на крутых склонах трелевки древесины воздушно-

трелевочными установками различной конструкции и совершенствованием технологии лесозаготовительных работ. Особой регламентации требует применение мощных лесозаготовительных машин (ЛП-2, ВТМ-4 и др.). Недопустимо их использование в водоохранно-защитных лесах.

Заилнение рек может быть сведено к минимуму путем тщательного планирования рубок и выбора соответствующих механизмов [5]. Очень важно своевременно удалять лесосечные отходы, которые, попадая в русло рек, могут причинять значительный ущерб водотоку. Различные лесосечные остатки, а также бревна, переносимые реками в половодье, повреждают берега, образуют заторы, приводящие к тому, что река выходит из берегов и образует новое русло, что сопровождается огромными наносами. Лесозаготовительные работы следует планировать с учетом максимального обеспечения защиты водных источников.

Важную роль в формировании наиболее производительных, устойчивых, обладающих высокими водоохранно-защитными и другими мелиоративными свойствами насаждений играют рубки ухода. Проведение рубок ухода требует всестороннего анализа состояния лесонасаждений, особенностей их роста и взаимоотношений древесных пород, режима выращивания и эксплуатации насаждений. В прирусловых лесах по пойме состав древостоя следует формировать прежде всего из поймастойких пород, а по склонам коренных берегов — из пород, имеющих большое противозерозионно-водопоглощающее значение. Во всех случаях следует стремиться к созданию сложных насаждений с хорошо развитым подлеском. Так как в первые годы развития подроста подлесок чаще всего оказывает положительное влияние на возобновление, а затем становится отрицательным фактором, нужны сравнительно ранние осветления востигуемой породы.

Не все молодняки в одинаковой мере успешно выполняют водоохранно-защитную роль. Лучше выполняют ее хвойные молодняки с примесью лиственных пород. Хорошими защитными свойствами обладают в таком составе и спелые древостои, что очень важно учитывать при проведении рубок ухода. В зависимости от возраста насаждений проводят уход за молодняками (осветление, прочистки), прореживание и проходные рубки, кроме того, обрезают сучья осуществляют уход за подлеском, уход за опушками. Сроки проведения, повторяемость и интенсивность рубок ухода определяются составом, густотой, характером смешения пород, типом леса и производительностью насаждений. Уход в горных лесах проводят с учетом вертикальной

поясности, экспозиции и крутизны склонов; чем выше над уровнем моря находится древостой и чем круче склон, тем меньше должен изреживаться древостой. На склонах южных экспозиций уход должен быть менее интенсивным, чем на склонах северных и близких к ним экспозиций. Во избежание ветровала и развития эрозионных процессов на мелких почвах в горных условиях уход следует проводить более осторожно [94].

Довольно широкое применение в различных условиях водохранно-защитных лесов должны найти санитарные рубки. Важное место в системе лесоводственного ухода в защитных лесонасаждениях занимают рубки ухода, направленные на обеспечение хорошего роста и развития насаждений, их формирования, поддержания жизнестойкости и высокой мелиоративной эффективности, хорошего санитарного состояния и своевременного возобновления древостоев.

Особенности расположения защитных насаждений (как правило, узкими полосами) определяют специфический характер их лесоводственных свойств. В связи с этим ведение хозяйства в них гораздо сложнее, чем в массивном лесу. Насаждения различного назначения (ветроломные, стокорегулирующие, приовражные, припрудовые и т. д.) требуют разного подхода к лесоводственному уходу. В отличие от других защитных насаждений ветроломные полосы должны быть достаточно ветропроницаемы, иметь продуваемую или близкую к ней (ажурную, ажурно-продуваемую) конструкцию. Уход за ними осуществляют в течение трех возрастных периодов: до полного смыкания насаждений, в период формирования нужной конструкции и в период поддержания заданной конструкции и жизнеспособности насаждений. В первый возрастной период цель рубок ухода — в основном улучшения условий роста главных пород, освобождение их от угнетения сопутствующими породами и кустарниками; во второй возрастной период рубки ухода направляют на придание лесным полосам необходимой конструкции и обеспечение лучших условий для роста главных пород и в третий — на сохранение необходимой конструкции лесных полос, а также поддержание жизнестойкости и долговечности насаждений.

При рубках ухода в водорегулирующих лесных полосах следует стремиться к созданию ажурной конструкции; такие полосы достаточно хорошо распределяют снег и регулируют поверхностный сток. В водорегулирующих полосах и кустарниковых кулисах в один прием сажают на пень не более 50% кустарников; по потяжинам и понижениям, где обычно концентрируется поверхностный сток, кустарник следует сохранять. Сомкнутость

насаждений после очередного приема рубок ухода не должна быть ниже 0,7...0,8. В насаждениях, расположенных по склонам и дну оврагов и балок, рубки ухода проводят так же, как и в массивных лесах, но на склонах, особенно на более крутых склонах южной экспозиции, — с меньшей интенсивностью.

В прибалочных и приовражных лесных полосах, а также в насаждениях вокруг прудов, водохранилищ и вдоль рек для закрепления откосов оврагов, предупреждения размыва почвы и сохранения снегосборных и водоохраных функций этих полос рубками ухода поддерживают необходимую сомкнутость полога при сохранении опушки из кустарников и пород второго яруса. В таких насаждениях следует поддерживать ажурную или плотную конструкцию, интенсивность рубок должна быть невысокой.

Важное мероприятие — омоложение кустарников путем посадки на пень; за один прием срезают не более 30% общего их количества. Повторяемость рубок ухода в приовражных и прибалочных лесных полосах зависит от состояния древесных и кустарниковых пород.

Санитарные рубки обычно проводят в периоды между рубками ухода для оздоровления насаждений и ликвидации захламленности. В первую очередь удаляют деревья сухостойные, ветровальные, поврежденные (снеголом, с механическими и биологическими травмами), зараженные вредителями и болезнями леса. В полезащитных и водорегулирующих лесных полосах, как правило, назначают сплошнолесосечные лесовосстановительные рубки; в массивных защитных насаждениях допускаются трех-четырёхприемные и группово-выборочные рубки при условии обеспечения полноценной смены насаждений. В массивных защитных насаждениях при сплошнолесосечных рубках лесосеки шириной 20...40 м располагают поперек склона или направления вредно действующих ветров. При назначении рубок во всех случаях предусматривают уход за порослью и подростом на лесосеках. В изреженных и погибающих насаждениях, в значительной степени утративших свои защитные свойства, а также в насаждениях, породный состав которых не соответствует условиям местопроизрастания, проводят реконструктивные мероприятия: раскорчевку отдельных рядов древесины или кустарниковых пород, ввод новых, более ценных пород, отличающихся достаточной устойчивостью и долговечностью, а также наиболее высокими защитно-водоохранными свойствами.

За последние 25...30 лет в нашей стране создано более 100 тыс. защитных лесных насаждений по берегам водохранилищ, рек и каналов, которые надежно защищают водоемы от заиления, загрязнения и засорения продуктами поверхностного



стока. К сожалению, некоторые из них в результате неудовлетворительного ухода, неудачного подбора пород, смешения и размещения древесных и кустарниковых пород находятся в плохом санитарном состоянии, служат очагами вредителей и болезней. В них необходимы срочные восстановительные мероприятия. Прежде всего требуется тщательная инвентаризация и детальные обследования насаждений, что дает возможность выделить их по назначению и категориям, установить состояние, а также разработать научно обоснованные мероприятия. Эту работу следует проводить по заранее разработанной методике, составленной с учетом имеющегося опыта инвентаризации и обследования защитных лесных насаждений различного назначения. Значительную помощь в этом важном и неотложном деле могут оказать разработанные Союзгипролесхозом и Государственным научно-исследовательским институтом земельных ресурсов временные указания по агролесомелиоративному устройству насаждений на землях колхозов и совхозов, а также расчетно-технологические карты на работы по защитному лесоразведению и проведению рубок ухода. Правильное выполнение указанных работ повысит эффективность и жизнестойкость посадок, их водоохранно-защитную роль, обеспечит защиту водоемов от заиления и загрязнения продуктами стока. Целесообразны организация специальных хозяйств в приречных лесах и вокруг водоемов и создание комплекса водоохраных и противоэрозионных мероприятий.

## **VII. ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ КРУПНЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

В результате осуществления широкого комплекса мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения вредными веществами бассейнов крупных рек, водохранилищ и других водных источников, многие водоемы нашей страны стали чище и полноводнее. В течение последнего десятилетия принято несколько постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР, предусматривающих проведение крупных мероприятий по охране водных ресурсов и их рациональному использованию. Важную роль в предотвращении загрязнения водных объектов сточными водами, значительном снижении содержания органических веществ, детергентов, тяжелых металлов в поверхностных водах суши сыграло постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами».

Значительно снизилось содержание нефтепродуктов, фенолов в водах Волги, Урала, Селенги, Днепра и других крупных рек. Очень важно, что меры по охране окружающей среды, в том числе и водных экосистем, входят одним из разделов в государственный план развития народного хозяйства страны и на их осуществление государством выделяются большие средства.

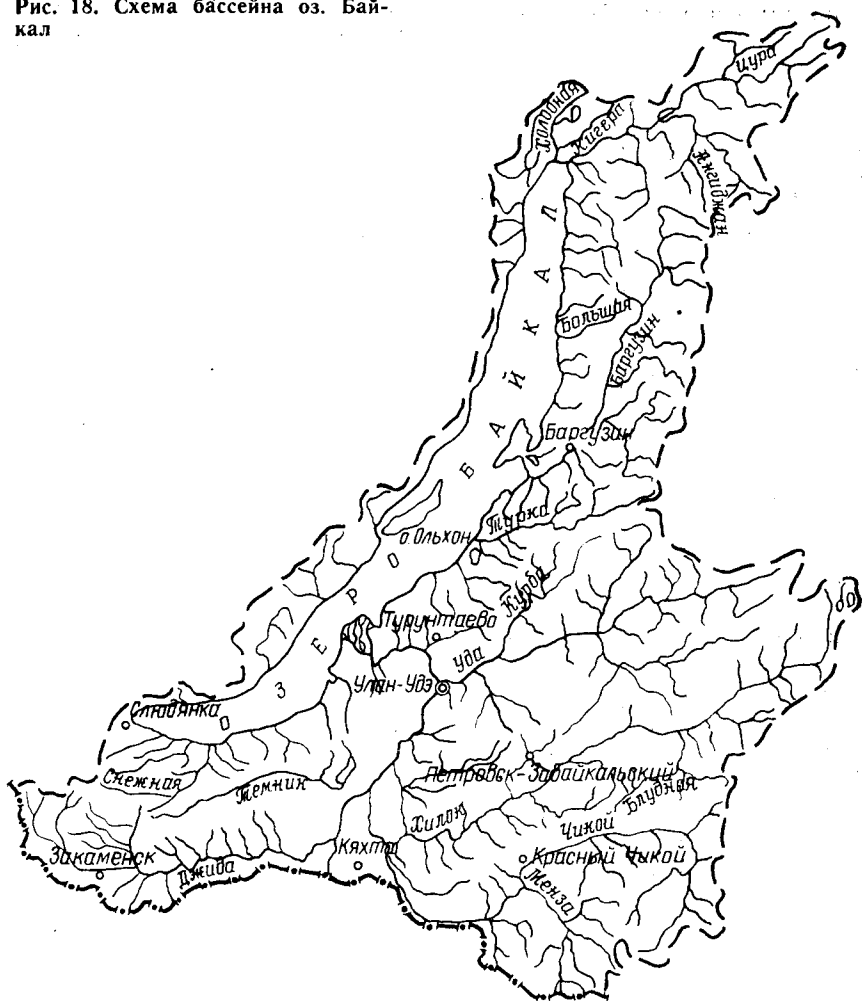
Главная особенность защиты крупных водных экологических систем — разработка и осуществление взаимоувязанного всестороннего комплекса водоохранно-защитных мероприятий, охватывающих непосредственно акватории морей и других крупных водоемов прибрежной зоны, населенные пункты, промышленные и другие предприятия, весь водосборный бассейн. Важные водоохранно-защитные мероприятия, направленные на улучшение водного режима и качество вод предстоит выполнить в ближайшие годы в бассейнах таких крупных, имеющих огромное народнохозяйственное значение водоемов, как Черное, Азовское, Балтийское моря и уникальное пресноводное озеро Байкал.

Лесные насаждения занимают особое место в широком комплексе природоохранных мероприятий. Наиболее ценными в современных условиях являются свойства леса, благоприятно влияющие на стабилизацию баланса в водных системах, поддержание дебита пресных материковых и уровня грунтовых вод, защиту водных источников, пришельфовых территорий морей и океанов. Эти его свойства широко используют для устранения негативных экологических изменений морских экосистем, происходящих в пришельфовых акваториях Черного, Азовского, Балтийского морей, озера Байкал и других водных объектах страны.

Озеро Байкал занимает особое место среди водных экосистем планеты. Это самый большой пресноводный бассейн мира (рис. 18). Площадь его превышает 3 млн. га, глубина 1620 м, протяженность 635 км, длина береговой линии 2 тыс. км. В Байкал впадает 336 рек, вытекает одна Ангара. В нем сосредоточено 80% пресных вод страны,  $\frac{1}{5}$  их мировых запасов. Площадь водосборного бассейна озера превышает 54 млн. га, из которых около 30 млн. находится в пределах СССР. Общая протяженность бассейна с севера на юг достигает 800 км.

Совет Министров СССР в январе 1969 г. принял специальное постановление «О мерах по сохранению и рациональному использованию природных комплексов бассейна озера Байкал», которым предусматривалась широкая программа мероприятий, обеспечивающая оптимальное взаимодействие человека и природы в обширном регионе. Здесь уже проведены большие водоохранно-защитные мероприятия. На предприятиях, расположен-

Рис. 18. Схема бассейна оз. Байкал



ных в бассейне оз. Байкал, построены очистные сооружения, обеспечивающие очистку сточных вод. На Байкальском целлюлозно-бумажном комбинате и других промышленных комплексах построены водоохранные объекты. Осуществлены и другие защитные мероприятия.

Выполненные охранные мероприятия уже привели к восстановлению численности омуля, к сохранению уникального каче-

ства воды в озере. В водах р. Селенги ниже г. Улан-Удэ значительно уменьшилось содержание фенолов, а содержание меди, никеля и цинка не превышает предельно допустимых концентраций. Разработан и успешно осуществляется проект организации водоохранной зоны оз. Байкал с комплексом организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, лесохозяйственных, агротехнических, гидротехнических и других мероприятий; утверждены временные правила охраны вод оз. Байкал и его естественных ресурсов. В них сконцентрирован первый в нашей стране опыт решения природоохранных проблем в масштабах крупного географического региона. Полностью прекращен мелевой сплав древесины по рекам, впадающим в оз. Байкал. Расчищены от затонувшей и разнесенной древесины русла рек и берег озера, проложены лесовозные дороги, по которым доставляют древесину из тайги к рейдам на Байкал, где формируются плоты, а из хлыстов — волноустойчивые сигары. Предполагается доставка леса сухогрузными судами. Территории бывших нижних складов очистили от отходов, вспахали и засеяли травой.

Для борьбы с разрушительной силой волн строят защитные гряды — волноломы. Запрещен сброс отходов с борта судов; разработаны меры предосторожности при перевозке таких грузов, как аппараты, нефелины и др.

В водоохранной зоне Байкала, выделенной в пределах бассейна, всякая деятельность, в том числе сельскохозяйственная, подчинена охране природного комплекса и вод. В круговороте воды наиболее важная роль принадлежит лесам, которые дают Байкалу почти 90% годового стока. Большая часть территории бассейна занята лесами (62,7%). Пашня и другие сельскохозяйственные угодья при их небольшом удельном весе (около 10%) приобретают особую ценность; в то же время это и достаточно большая территория, чтобы существенно влиять на твердый сток, так как сельскохозяйственные земли приурочены в основном к долинам рек и межгорным понижениям.

Основная лесообразующая порода в лесах бассейна — лиственница. Леса с ее преобладанием занимают 34% лесопокрытой площади бассейна. В верхней части лесного пояса лиственничные леса играют особо важную водорегулирующую роль, являясь хорошей противэрозионной защитой для крутых горных склонов.

Сосновые леса распространены по всей территории бассейна и занимают 28% его лесопокрытой площади. Они больше всех других пород находят использование в народном хозяйстве и потому являются основным объектом заготовки леса. В ря-

де случаев активная эксплуатация сосновых лесов в бассейне приводила к неблагоприятным последствиям, нарушая баланс экологических систем. Активная рубка сосновых лесов вблизи железных дорог и славных рек с превышением размеров расчетных лесосек приводила к смыву почв с горных склонов, размыву пахотных земель и обмелению рек. Весьма результативна почвозащитная роль сосновых лесов на сухих песчаных почвах бассейна. Сплошные вырубki сосны приводили к образованию размываемых песчаных полей.

Особой водоохранно-защитной ролью отличаются кедровые леса. На территории бассейна они занимают около 12% лесопокрытой площади. Их основные массивы находятся на склонах Восточных Саян и Хамар-Дасана, а также на Хэнтей-Чикойском нагорье. Вместе с прилегающими к ним гольцами и редколесьями они поставляют в Байкал почти половину годовой нормы воды. Величина стока в кедряках на единицу площади в 3...4 раза больше, чем в лиственничниках и сосняках [62]. Произрастая в верхней части лесного пояса на склонах различной крутизны преимущественно северных экспозиций, они в большей мере выполняют свою природоохранную и средообразующую роль.

Еловые и пихтовые леса занимают 3% лесопокрытой площади бассейна. Лиственные леса, занимающие 12% лесопокрытой площади, представлены в основном березняками и осинниками.

Роль всех лесов бассейна в охране его природных комплексов огромна. Их водоохранные и почвозащитные свойства, способствующие переводу поверхностного стока во внутрпочвенный, аккумулярованию во внутрпочвенном и внутргрунтовым стоке значительной части летних осадков, обеспечивающих постоянную водность рек, снижению скорости таяния снежников и наледей под пологом, защите почвенного покрова от разрушения водными потоками и ветровой эрозии, характеризуют их как мощный постоянно действующий природоохранный и средообразующий фактор в бассейне оз. Байкал.

Все реки, речки и ручьи, впадающие в основную гидрографическую сеть бассейна, берут свое начало в лесном поясе. Высокогорные кедровые и лиственничные леса и заросли кедрового стланика обеспечивают высокую водность рек, предотвращают развитие процессов эрозии в зоне формирования стока, защищают водные источники и населенные пункты от лавин и селей.

Значительная часть лесов Прибайкалья переведена в I и II группы. В них включены горнозащитные леса, леса, выполняю-

щие почвозащитную и водорегулирующую роль, степные и лесостепные боры, леса курортного значения. Более 50% лесов бассейна оз. Байкал отнесено к лесам I группы, причем наибольшую площадь составляют леса запретных лесных полос вдоль рек и вокруг озера. Запретные лесные полосы выделены вдоль 220 рек, протекающих по территории лесхозов Бурятской АССР и Читинской области. Ширина их в зависимости от природных условий различна. Запретные лесные полосы шириной 250 м по каждому берегу выделены вдоль 67 рек бассейна, шириной 500 м — вдоль 131 реки и шириной 2000 м — вдоль 22 рек.

К мерам дальнейшего совершенствования ведения лесного хозяйства и лесопользования в этих лесах относится запрещение переруба расчетной лесосеки, размещение лесосек более равномерно по всему массиву. Разработан перспективный план рубок в лесах бассейна оз. Байкал сроком на 10 лет и утверждены новые правила рубок главного пользования, направленные на наиболее рациональное использование лесных ресурсов с учетом охраны водных ресурсов бассейна. Важное место в системе водоохранно-защитных мероприятий отводится рубкам ухода.

Интенсивность средообразующего влияния леса на окружающую среду в различных физико-географических и климатических условиях различна, эффективность может быть также различной. В связи с такой оценкой природоохранной роли лесов использование тех или иных его свойств требует изучения условий каждого конкретного региона. Лесные, водные и земельные ресурсы тесно взаимосвязаны. Следовательно, их охрана, использование и воспроизводство требуют комплексного подхода, учитывающего многие факторы прямой и обратной связи.

При оценке водоохранной и водорегулирующей роли леса и осуществлении мер, направленных на рациональное использование этих его свойств, учитывают конкретные цели, задачи и условия того или иного региона. Так, в водоемных районах, где необходимо увеличение суммарного стока, предпочтение отдают смешанным, хвойно-лиственным лесам. Для борьбы с заболачиванием предпочитают леса, потребляющие большое количество влаги, и т. д.

Важная предупредительная мера в предотвращении возможных эрозионных процессов — разбивка всех лесов на категории защитности с установлением для каждой категории своего режима пользования. В категории высшей защитности, включающей широкий перечень участков, запрещены всякие

промышленные рубки. Запрещен отвод лесосек в рубку при необеспеченном лесовозобновлении или образовании очагов эрозии на прилегающих лесосеках. Большинство технологических требований направлено на ограничение процента минерализованной площади, поскольку от этих показателей зависит размер твердого стока. Рекомендована лишь такая технология лесосечных работ, которая допускает минерализацию не выше 15...20%.

Для борьбы с ветровой и водной эрозией почв, которые в этом регионе значительно распространены, на землях сельскохозяйственного пользования предусматривают взаимосвязанную систему защитных лесных насаждений, размещаемых с учетом степени развития эрозионных процессов, лесорастительных условий и их мелиоративно-защитной роли. Предполагается заложить здесь около 58,5 тыс. га водоохранно-защитных насаждений, в том числе 34,3 тыс. га лесополос протяженностью более 25 тыс. км. В основном это полезащитные лесные полосы на площади около 23 тыс. га (протяженностью 19,2 тыс. км), водорегулирующие — свыше 9 тыс. га, приовражные и прибалочные лесные полосы — около 2,2 тыс. га. Такая сеть лесных насаждений улучшит микроклимат и гидрологические условия бассейна, защитит почву от эрозии, а водные источники бассейна от заиления и загрязнения продуктами твердого стока.

Для закрепления подвижных и слабозаросших песков и предотвращения заноса ценных сельскохозяйственных земель, рек, озер и других водоемов предусмотрено сплошное их облесение на площади более 19 тыс. га; на заросших песках, являющихся потенциально опасными в эрозионном отношении, намечено создание системы полос на площади около 1,4 тыс. га. Вокруг прудов и водоемов запланировано создание защитных насаждений на площади около 200 га, вокруг населенных пунктов и животноводческих ферм — около 1,2 тыс. га. Запланированы облесительные работы на пастбищах и землях, не используемых в сельскохозяйственном производстве. Кроме того, предусмотрена система мероприятий для улучшения состояния существующих защитных лесных насаждений (уходы, дополнение и ввод главных пород в насаждения на песках и др.). Для повышения эффективности противоэрозионных лесонасаждений намечено строительство простейших гидротехнических сооружений в виде водозадерживающих валов, водосборных и других сооружений. Успешное осуществление комплекса мероприятий в бассейне оз. Байкал не только надежно защитит уникальный водоем от загрязнения токсичными промышленными отходами и продуктами эрозии засорения и истощения, но и обеспечит сохранность

физико-химических и биологических свойств воды, а также улучшит гидрологический режим Прибайкалья.

Бассейн Черного и Азовского морей охватывает огромную площадь юга нашей страны. Он размещен на территории четырех союзных республик — РСФСР, Украинской, Молдавской и Грузинской ССР. В состав прибрежной зоны Черного и Азовского морей входят частично шесть областей Украины, две области Российской Федерации, небольшая часть Молдавской ССР, а также Абхазская АССР, район Западной Грузии и Аджарская АССР. Азово-Черноморский регион имеет исключительно большое значение в народнохозяйственном и в социально-культурном отношении.

В феврале 1976 г. было опубликовано постановление Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей», которое свидетельствует о неустанной заботе Советского Союза об охране окружающей среды. В нем определены основные направления и конкретные меры, которые необходимо предпринять для защиты водных объектов бассейнов Черного и Азовского морей, установлены задания и сроки проведения мероприятий для полного прекращения сброса неочищенных сточных вод в реки и водоемы этого уникального региона.

Для обеспечения охраны прибрежных районов Черного и Азовского морей соответствующими органами разрабатывается региональная схема охраны этого природного комплекса и рационального использования естественных ресурсов этого региона на перспективу. Особое внимание уделяется изучению современного состояния региона и перспективы его развития. В наибольшем внимании и детализации нуждаются водные ресурсы бассейна и, прежде всего, гидрология рек, гидрографические и лимнологические особенности морских вод и крупных озер, гидрогеология региона и состояние подземных вод. Очень важны изучение состояния водно-экологических систем региона и выявление основных факторов антропогенного и других воздействий на водные ресурсы. Комплекс мероприятий по охране и рациональному использованию водных и связанных с ними природных ресурсов региона охватывает широкий круг взаимосвязанных водоохраных решений. Это охрана и рациональное использование вод при водообеспечении населенных мест и промышленности, в рыбоводстве, рыбоводэнергетике и на водном транспорте, в сельском и местном хозяйстве, при лесосплаве и водных мелиорациях, для здравоохранения и рекреации и т. п.



В охране природного комплекса прибрежной зоны Азово-Черноморского региона немалая роль отведена воспроизводству и максимальному использованию природоохранительных свойств леса, имеющих едва ли не решающее значение. К числу особо ценных свойств прибрежных лесов относится их способность улучшать качественные показатели сточных вод, в том числе таких, как соленость, мутность, бактериальное загрязнение, содержание растворимых химических удобрений и др. Не менее важна и водорегулирующая способность лесов, в результате которой поддерживаются количественные показатели стока как элемента водного баланса, регулируются меженные уровни рек, снимаются пиковые паводки, наводнения, сдерживаются селевые потоки.

В условиях природных комплексов Черного, Азовского морей и других водоемов функция лесов в бассейнах гидрологической сети и на примыкающих к ней склонах проявляется в защите берегов от разрушений, в задержании наносов, улучшении санитарно-гигиенических условий прибрежных зон.

В связи с усиливающимся использованием природных комплексов прибрежной зоны региона в рекреационных целях, с непрерывным ростом отечественного и зарубежного туризма большое значение приобретает санитарно-гигиенические, оздоровительные и эстетические качества прибрежных лесов региона. Охрана и рациональное использование прибрежной зоны заключается в создании условий, способствующих удовлетворению культурных запросов трудящихся, улучшению их быта, обеспечению оздоровительного отдыха, улучшению среды городов и других населенных пунктов. Леса региона обладают свойствами создавать наиболее благоприятный микроклимат в любых экстремальных климатических условиях, поглощать углекислый газ, обогащать воздушный бассейн кислородом, поглощать пыль, фильтровать газообразные и твердые выбросы в атмосферу промышленных предприятий и транспорта, выделять фитонциды, убивающие болезнетворные микроорганизмы, снижать шум, поэтому они должны быть максимально использованы в целях рекреации. Практическими мерами, решающими эту задачу, является: создание зеленых зон вокруг городов, других населенных пунктов, промышленных предприятий; округов санитарной охраны курортов; зон охраны источников водоснабжения; лесопарков, природных (национальных) парков, биозаповедников для охраны и изучения уникальных объектов природы и реликтовой растительности; заповедников и других объектов хозяйственного, научного, познавательного, рекреаци-

онного значения в прибрежной зоне Азово-Черноморского региона.

Общая площадь водосборного бассейна Черного и Азовского морей составляет 132,9 млн. га; лесов в бассейне — 25,4 млн. га, из них покрытая лесом площадь занимает 21,6 млн. га.

**67. Основные виды защитных лесных насаждений, созданных в бассейне Азово-Черноморского бассейна**

Виды насаждений	Площадь	
	всего, га	%
Полезащитные и садозащитные лесные полосы	943 369	40,5
Приовражные и прибалочные лесные полосы	499 527	20,1
Насаждения по откосам, берегам и днищам оврагов и балок	278 309	11,9
Противоэрозионные насаждения на горных склонах, конусах выноса и вдоль русел горных рек	29 426	1,3
Защитные насаждения на не используемых в сельском хозяйстве песках	551 593	23,6
Защитные насаждения вокруг прудов и других водоемов, вдоль берегов и в поймах рек	25 195	1,1
Защитные насаждения на пастбищных землях вокруг животноводческих ферм и в местах отдыха скота	2 428	0,1
Другие защитные насаждения	33 449	1,4
<b>Всего</b>	<b>2 363 296</b>	<b>100,0</b>

На водосборном бассейне Черного и Азовского морей создано более 2,3 млн. га защитных лесных насаждений разных категорий (табл. 67), из которых 0,14 млн. га — на орошаемых землях. Свыше 40% всех защитных насаждений создано за сравнительно короткий срок (1968—1975 гг.) как результат претворения в жизнь постановления ЦК КПСС и Совета Министров «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии», принятого в марте 1967 г. Сохранность этих защитных насаждений составляет 94,5%.

Повышение в этом регионе роли лесов, являющихся непреходящим элементом в комплексе всех других мер по охране природных комплексов Причерноморья, требует более дифференцированного подхода, творческого, взаимосогласованного с дру-

гими отраслями народного хозяйства выявления причин отклонения от норм экологического состояния окружающей среды в той или иной части региона и выбора системы мероприятий, направленных на решение этой проблемы.

Одно из важных средств защиты почв от эрозии, улучшения гидрологических и санитарно-гигиенических условий, создания условий для здоровья и отдыха трудящихся — защитное лесоразведение. Созданные в большей своей части искусственно в тяжелых почвенно-климатических условиях южных засушливых степей и полупустынь насаждения выполняют важную природоохранную функцию. Они сохраняют дебит грунтовых вод, защищают сельскохозяйственные угодья от пыльных бурь и суховеев, водной и ветровой эрозии, защищают воды от загрязнения и заиления продуктами эрозии, предотвращают оползневые явления, сдерживают распространение подвижных песков, защищают автомобильные, железные дороги и другие коммуникации от снежных заносов, песчаных бурь, подвижных песков.

Значительная часть сельскохозяйственных земель водосборного бассейна Азово-Черноморского региона подвержена водной и ветровой эрозии, поэтому созданные и создаваемые здесь защитные насаждения служат долговременной мерой борьбы с ветровой и водной эрозией почв. Предусматривается также дальнейшее развитие агролесомелиоративных мероприятий, намечается создание защитных лесных насаждений по берегам рек, каналов, озер, водохранилищ и других водоемов, системы противозерозионных и других насаждений, планируются реконструкция созданных водоохранно-защитных лесонасаждений, повышение их мелиоративной роли. Осуществление этих мероприятий окажет благотворное влияние на защиту водоемов от заиления, загрязнения токсическими веществами.

Бассейн Балтийского моря в пределах СССР включает в себя Латвийскую, Литовскую и Эстонскую союзные республики, Калининградскую, Псковскую и Гродненскую области, большую часть Ленинградской, Новгородской и Витебской областей, небольшую часть Карельской АССР, Калининской, Смоленской, Минской, Брестской областей, незначительную часть территории Архангельской и Вологодской областей. Непосредственно к Балтийскому морю примыкают Литовская, Латвийская и Эстонская ССР, Калининградская и Ленинградская области.

Природные условия Балтийского моря обусловлены прежде всего мощным притоком пресных речных вод, определяющих степень засоленности моря солеными водами Северного моря. Соленость вод Балтийского моря неоднородна и не только по

вертикальным слоям, но и по отдельным районам. Если в его центральной части соленость составляет 8...6‰, то в Рижском и Ботническом заливах — 4...5‰, в Финском заливе у устья р. Невы — 1...2‰. Ограниченность обмена между менее засоленным верхним и более засоленным нижним слоями вод Балтийского моря в условиях значительной загрязненности органическими веществами обусловило возникновение устойчивых заморных зон не только в застойных глубоководных впадинах, но и в некоторых заливах.

К характерным загрязняющим веществам, поступающим в Балтийское море, относятся нефть, нефтепродукты, фенолы, детергенты, тяжелые металлы, промышленные формы шлаков, аммонийный азот, ядохимикаты. Воды, отводимые от промышленных, теплоэнергетических предприятий, коммунального хозяйства городов, сельских населенных пунктов и животноводческих комплексов, характерны содержанием следующих основных ингредиентов: органических веществ, хлоридов, сульфатов, сульфидов, азота, фосфора, калия, нефтепродуктов, фенолов, эфирорастворимых веществ, пестицидов, солей тяжелых металлов — свинца, цинка, ртути, цианидов и др. По степени загрязненности такими элементами Балтийское море относится к морям, загрязненным полностью вне границ СССР.

Однако в результате принимаемых мер содержание нефтепродуктов, фенолов и детергентов в Балтийском море снизилось по сравнению с 1973 г. и составляет соответственно 0,1...0,3, 0,075...0,1 мг/л. В то же время промышленные, сельскохозяйственные и бытовые сточные воды загрязняют его биогенными веществами. Содержание фосфатов в северной и центральных частях Балтийского моря возросло с 40 до 46 мкг/л, в южной части моря концентрация фосфатов снижается. Содержание микроэлементов в воде Балтийского моря ниже принятых в СССР значений ПДК: средняя концентрация железа — 11, меди — 2,7, никеля — 2,2, свинца — 1,0, ртути — 0,3 мкг/л; кадмий и кобальт обнаружены лишь в единичных пробах и не превышали 1 мкг/л [71]. Дальнейшее снижение загрязнения Балтийского моря токсичными элементами возможно лишь при участии в этой работе всех стран, расположенных в бассейне Балтийского моря.

В Балтийское море категорически запрещено сбрасывать нефтяные отходы и воду после промывки трюмов грузовых и нефтеналивных судов. СССР и ПНР ведут совместные работы по воспроизводству рыбных запасов в Вислинском заливе, а ГДР и ПНР — по воспроизводству рыбных запасов в Щецинском заливе Балтийского моря.

В июле 1976 г. Совет Министров СССР принял постановление «О мерах по усилению охраны от загрязнения бассейна Балтийского моря», которым предусмотрен широкий комплекс мероприятий для прекращения сброса неочищенных сточных вод в реки и другие водоемы бассейна Балтийского моря. Указаны города, промышленные центры и другие населенные пункты, наиболее крупные предприятия и организации, где осуществление этих мероприятий должно быть завершено в 1980 г. Предложено также усилить контроль за соблюдением предприятиями, организациями и отдельными гражданами правил применения ядохимикатов, а также за соблюдением сельскохозяйственными водопользователями требований к очистке сточных вод, сбрасываемых ими в реки и другие водоемы бассейна.

Разрабатывается региональная схема охраны комплекса природных условий и рационального использования естественных ресурсов прибрежного района Балтийского моря на перспективу. Наряду с мероприятиями, направленными на совершенствование очистных сооружений и технических процессов производства, максимальную утилизацию отходов, внедрение оборотного водоснабжения в замкнутых циклах, важное место в ней отводится агролесомелиоративным и агротехническим сооружениям, среди которых наиболее полезны защитные лесные насаждения. Правильное ведение лесного хозяйства в расположенных в пределах водосборного бассейна Балтийского моря лесах, а также создание взаимосвязанной системы водоохранных защитных насаждений в прибрежной зоне и на водосборных площадях бассейна обеспечат очистку поверхностных стоковых вод от наносов, болезнетворных микроорганизмов и вредных химических веществ и предотвратят заиление, загрязнение и засорение ими рек бассейна и моря в целом.

Схемой предусматриваются также мероприятия, направленные на повышение водоохранных свойств лесов, улучшение породного их состава и санитарного состояния, на рациональное использование с учетом охраны водных ресурсов бассейна. Главные из них — своевременное и качественное проведение лесовосстановительных мероприятий, рубок ухода и санитарных рубок, совершенствование лесопользования, охрана и защита лесов от пожаров, вредителей и болезней леса. В бассейне Балтийского моря будут созданы противоэрозионные и противоабразионные насаждения, заложены леса озеленительного, санитарно-гигиенического и другого назначения. Лучше используются уникальные ландшафты региона как морской курортной зоны для развития туризма, рекреаций и восстановления здоровья населения. Процессы экологической депрессии

в регионе побережья Балтийского моря стабилизируются путем осуществления комплекса взаимосогласованных мероприятий, среди которых охрана растительного мира Прибалтики как экосистемы сочетается с использованием всех его природоохранных свойств, благоприятно влияющих на другие компоненты окружающей среды.

Принято важное постановление ЦК КПСС и Советского правительства об охране Каспийского моря. Большие работы проводят на Севанском нагорье. Вокруг оз. Севан на песчаном грунте создана полоса зеленых массивов площадью более 20 тыс. га. Леса надежно защищают прибрежную полосу, укрепляют грунт, обеспечивают охрану водоема. Претворяется в жизнь комплексная система оздоровления и других водоемов страны, некоторые из которых объявлены памятниками природы. Очень актуальны разработка и осуществление мероприятий для охраны малых рек, отличающихся наибольшей предрасположенностью к заилению и ухудшению качества вод. От правильного решения этой задачи зависит не только сохранение богатств природы, но и дальнейшее развитие народного хозяйства.

## **VIII. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Положительное воздействие лесонасаждений на окружающую среду заключается прежде всего в защите почв от водной и ветровой эрозии, задержании стока поверхностных вод с сельскохозяйственных угодий, предотвращении абразионных и оползневых явлений, повышении качества вод. Наибольший экономический, социальный, экологический и общий интегральный эффект от противозерозионных и других агролесомелиоративных мероприятий достигается при учете всех факторов (природных и антропогенных), влияющих на водные экосистемы, и наиболее рациональном размещении лесных насаждений в пределах водосборных площадей рек, озер, водохранилищ и других водоемов. Громадные площади, на которых формируется сток, и их состояние, неорганизованность стока, большие объемы талых и дождевых вод, а также исключительно широкий комплекс водоохранно-защитных и других насаждений создают трудности в определении общего эффекта тем более, что большая часть факторов положительного воздействия в той или иной мере присуща любой категории лесонасаждений.

На современном этапе не все виды воздействий можно

определить в количественной форме. Ряд из них может быть определен только путем экспертных оценок. Вместе с тем прямое положительное влияние отдельных категорий агролесомелиоративных насаждений изучено хорошо и всесторонне, что позволяет с достаточной обоснованностью определить их экономическую эффективность.

При определении эффективности лесонасаждений необходимо учитывать и обратные связи. Полную экономическую эффективность с включением эффекта от косвенных влияний лесонасаждений на природно-климатические условия и природные ресурсы региона, а также эффективность массивного лесоразведения на неиспользуемых и непригодных для сельского хозяйства землях следует определять путем специальных расчетов и обоснований. Эффективность затрат на создание водоохранно-защитных лесонасаждений определяют сопоставлением их с полученным эффектом. В состав затрат включают все расходы на проектирование и создание насаждений до смыкания крон; в величину экономического эффекта от насаждений входят: экономия в результате снижения ущерба от водной и ветровой эрозии почв, ежегодных затрат на землечерпательные работы, на выпрямление русел рек и защиту их берегов, очистку питьевой и технической воды, прибыль от реализации лесной и другой продукции и дополнительной продукции рыбного хозяйства. Расчеты экономической эффективности разных категорий защитных лесных насаждений выполняют, руководствуясь специальными методическими указаниями, разработанными в соответствии с Типовой методикой определения экономической эффективности капитальных вложений [190].

Лесные насаждения оказывают положительное влияние на повышение урожайности сельскохозяйственных и других культур; в равнинных условиях полезащитные лесные полосы способствуют ослаблению пыльных бурь, засух и суховеев, а в конечном счете — резкому увеличению урожая на 1 га защищенных полей. Данные многолетних наблюдений за урожайностью сельскохозяйственных культур, находящихся под защитой лесных полос, в разных почвенно-климатических зонах нашей страны показали, что почти во всех случаях урожай зерновых культур повышается на 20...30%, бахчевых и огородных на 50...70 и сеяных трав более чем на 100%.

В зависимости от целей расчета определяют общую экономическую эффективность как отношение эффекта, получаемого от водоохранно-защитных насаждений, к затратам на их выращивание, а при выборе лучшего из двух или более вариантов решения задачи — сравнительную экономическую эффектив-

ность как отношение разности эффекта по вариантам к разности затрат на создание лесонасаждений. В более широком значении показателем сравнительной экономической эффективности водохранилищно-защитных насаждений является максимум приведенного эффекта.

Общую экономическую эффективность затрат на создание водохранилищно-защитных лесных насаждений определяют по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{Q}{Z} = \frac{(\Delta\Pi + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_p + \Pi_d + \Pi_n - M)}{Z},$$

где  $Q$  — размер ежегодного суммарного эффекта, руб.;  $Z$  — затраты на создание водохранилищно-защитных лесных насаждений, руб.;  $\Delta\Pi$  — ежегодная прибыль от реализации дополнительной продукции сельского и рыбного хозяйства, руб.;  $\mathcal{E}_y$  — ежегодная экономия в результате сокращения ущерба, руб.;  $\mathcal{E}_p$  — ежегодная экономия от снижения эксплуатационных расходов, руб.;  $\Pi_d$  — прибыль от увеличения дебита рек и водоемов, руб.;  $\Pi_n$  — ежегодная прибыль от реализации древесины от рубок ухода, плодов, ягод, семян и др., руб.;  $M$  — потери в связи с изъятием производящих земель под лесонасаждения руб.

Эффект от защитных насаждений нарастает во времени. При определении реального срока окупаемости затрат эффект рассчитывают по годам с учетом фактора времени, по приведенным к начальному периоду затратам. Экономическую эффективность защитных насаждений проще и удобнее определять по максимальному эффекту, который с помощью коэффициента переводят в эффект с учетом динамики его нарастания и фактора времени.

При создании насаждений по берегам рек, каналов и водохранилищ величина поправочного коэффициента изменяется от 0,52 для насаждений дуба до 0,57 для березы и 0,64 — тополя. Эти коэффициенты используют и для расчета эффективности насаждений из других сравнительно близких к ним древесных пород. Например, для кленовых и ясеневых насаждений берут такой же коэффициент, как для дубовых, для сосновых — как для березовых и т. д.

Положительный мелиоративный эффект от лесных насаждений в горных условиях складывается из их почвозащитного, водохранного и водорегулирующего влияния, а также из улучшения почвенно-климатических условий на занятой ими и прилегающих территориях. Кроме того, горные лесные насаждения — источник получения древесины, плодов, семян и других полезностей.



Для определения комплексной эффективности  $\mathcal{E}_k$  защитного лесоразведения в горных условиях М. С. Юркевич [218] предложила следующую формулу:

$$\mathcal{E}_k = \frac{(\mathcal{E}_{п.в} + \mathcal{E}_{ил} + \mathcal{E}_{раз} + \mathcal{E}_{сель} + П_{л.п} + П_{д.п.с.х} + П_{у.д.р} - N_3 + A_0)}{K_{л.н} + K_{т.с}},$$

где  $\mathcal{E}_{п.в}$  — экономия потерь питательных веществ от смыва почвы;  $\mathcal{E}_{ил}$  — экономия от сопряжения выноса продуктов эрозии в водоемы;  $\mathcal{E}_{раз}$  — сокращение ущерба от размыва почвы;  $\mathcal{E}_{сель}$  — экономия от сокращения ущерба от селевых потоков;  $П_{л.п}$  — прибыль от реализации древесины, плодов, семян и прочей продукции побочного пользования;  $П_{д.п.с.х}$  — прибыль от реализации дополнительной продукции с защищенных полей, сенокосов и пастбищ;  $П_{у.д.р}$  — прибыль от увеличения дебита рек;  $N_3$  — среднегодовой доход с участков сельхозугодий, земли, отводимых под лесополосы;  $A_0$  — амортизационные отчисления от стоимости лесонасаждений;  $K_{л.н}$  — затраты на создание защитных насаждений;  $K_{т.с}$  — затраты на гидротехнические устройства.

Для определения размера ежегодного смыва почвы необходимы наблюдения с проведением замеров стока; по данным химического анализа устанавливают ежегодные потери питательных веществ (гумуса, подвижных форм азота, фосфора, калия и других элементов) в миллиграммах на 100 г почвы, затем определяют равное им количество удобрений и вычисляют затраты на их внесение в почву. Ущерб от размыва почв и выноса твердого стока определяют по затратам на предотвращение эрозионных процессов, на ремонт ирригационных систем и сооружений, на землечерпательные работы, расчистку головных гидротехнических сооружений, очистку питьевой и хозяйственно-бытовой воды и т. д. Обычно принимают, что с водосбора в реки попадает около половины твердого стока. Ущерб от селевых потоков определяют по среднему размеру потерь за несколько лет. Прибыль от реализации лесной продукции (древесины, плодов, семян, ягод и т. д.), получаемой в защитных лесонасаждениях, зависит от состава пород, их производительности и других факторов в конкретных условиях. Важные показатели водоохранной и водорегулирующей роли защитных насаждений — увеличение дебита рек и других водоемов, объем дополнительных водных ресурсов для орошения, работа гидроэлектростанций и обеспечение водой населенных пунктов и промышленно-бытовых объектов. Определить размер увеличения дебита рек и других водоемов можно по количеству атмосферных осадков, трансформированных в грунтовой

сток с помощью древесной и кустарниковой растительности. Для этого рассчитывают баланс влаги по формуле Г. Н. Высоцкого [40].

$$C_0 = I + T + B_c + P_c,$$

где  $C_0$  — сумма осадков за год, выпавших на площадь, занятую лесом;  $I$  — физическое испарение с поверхности почвы и растительности;  $T$  — транспирационный расход воды;  $B_c$  — внутрпочвенный сток;  $P_c$  — поверхностный сток.

По данным М. С. Юркевич [218], при среднегодовой сумме осадков 800 мм в бассейне реки Чирчик с 1 га лесных насаждений будет переведено в грунтовый сток 2,4 тыс. м<sup>3</sup> воды, что при отпускной цене 2,3 руб. за 1 тыс. м<sup>3</sup> составит 5 р. 52 к. на 1 га.

Лесные насаждения по берегам рек и каналов способствуют сокращению расходов на их расчистку, выпрямление русел и обеспечивают защиту берегов от размывов. По данным ЦНИИЭВТ [35], на перекатах, защищенных лесонасаждениями, объем эксплуатационных землечерпательных работ снижается на 50%.

В. В. Степин [182] приводит следующий расчет общей экономической эффективности затрат на создание защитных лесных насаждений по берегам рек и каналов (площадь защитных насаждений 400 га, протяженность рек и каналов 60 км):

Ежегодные эксплуатационные затраты до создания защитных насаждений, тыс. руб. . . . .	40
В том числе, тыс. руб.:	
на землечерпательные работы . . . . .	30
выпрямление русел . . . . .	4
защиту берегов . . . . .	6
Экономия эксплуатационных затрат под влиянием защитных лесных насаждений на 50%, тыс. руб. . . . .	20
Эффект от реализации лесной продукции, тыс. руб. . . . .	0,4
Общий эффект от защитных насаждений, тыс. руб. . . . .	20,4
В том числе тыс. руб.:	
на 1 га лесных насаждений . . . . .	51
на 1 км реки или канала . . . . .	340
Затраты на создание защитных насаждений, тыс. руб. . . . .	80
Экономическая эффективность защитных насаждений, % . . . . .	64

Лесные насаждения по берегам озер, водохранилищ и других водоемов способствуют увеличению срока их службы и повышению продуктивности рыбного хозяйства, сокращению расходов на очистку питьевой и хозяйственно-бытовой воды, защищают берега. Одновременно они являются источником получения древесины, ягод, плодов и другой продукции.

Экономия  $\mathcal{E}$  в результате увеличения службы водохранилищ вычисляют по формуле [35]:

$$\mathcal{E} = CPZ,$$

где  $C$  — стоимость водохранилища, руб.;  $P$  — размер ежегодного заиления в долях от первоначального объема водохранилища при отсутствии защитных насаждений;  $Z$  — снижение размера ежегодного заиления под защитой лесных насаждений, % (принимается обычно 40%).

Положительный эффект отдельных категорий лесных насаждений проявляется в комплексе с эффектом от других категорий защитных насаждений и технических сооружений, поэтому экономическую эффективность затрат необходимо определять не только для отдельных категорий защитных насаждений, но и для всего защищаемого комплекса, включая лесонасаждения и простейшие гидротехнические сооружения.

Обобщение и изучение данных о запасах воды на земном шаре, их размещении и состоянии показало, что острота проблемы обеспечения человечества пресной водой заключается не столько в недостатке водных ресурсов, сколько в значительном росте загрязнения вод в процессе их хозяйственного использования. В связи с этим вопросы охраны и защиты природных вод и их рационального использования приобретают особую значимость и являются одной из важнейших социальных и научно-технических проблем во всех промышленно развитых странах. Они привлекли внимание не только ученых, производственников, общественных деятелей и организаций, но стали предметом обсуждения правительств большинства стран мира.

Советским государством многое сделано для обеспечения рационального использования водных ресурсов, предотвращения их истощения и загрязнения. Однако намечаемая партией программа создания материально-технической базы коммунизма выдвинула в этом направлении новые, еще более ответственные задачи.

Все возрастающие потребности в чистой воде требуют осуществления широкого взаимосвязанного научно обоснованного комплекса мероприятий, направленных на охрану и защиту водных источников от истощения и загрязнения. Первостепенного внимания заслуживает проблема защиты водоемов от вредного воздействия стока с сельскохозяйственных угодий и предприятий, являющихся основными поставщиками в водоемы продуктов эрозии, ядохимикатов и биогенных веществ. Охрана вод в сельском хозяйстве особенно важна, так как большие площади сельскохозяйственных земель — основные водосборы на которых формируется природное количество воды.

Особое место в системе водоохраных мер занимают защитные лесные насаждения в комплексе с организационно-хозяйственными, агротехническими, гидротехническими и другими мероприятиями. Лесные насаждения — долголетние агролесомелиоративные мероприятия. Они требуют особого внимания. Их

создание связано с многообразием факторов, от которых зависит их успешное выращивание, водоохранно-защитные и санитарно-гигиенические функции. Научно обоснованное планирование лесонасаждений различного назначения и другие мероприятия возможно только на основе учета взаимоувязанного комплекса факторов внешней среды и проектируемых мероприятий.

Вопрос о наиболее рациональном размещении лесных насаждений на площади речных водосборов с целью наиболее эффективного проявления ими водоохранной роли при минимальных затратах и изъятиях ценных сельскохозяйственных земель может быть правильно решен только на основе математического моделирования. С помощью математических моделей можно оценить влияние лесных насаждений на поверхностный сток и качество воды, поступающей в водоемы, при различных вариантах их размещения и путем сопоставления результатов выявить оптимальный вариант, при котором наблюдается их максимальное положительное влияние на сток и качество воды. Особое внимание должно быть обращено на обеспечение устойчивости и долговечности лесонасаждений. В ряде случаев защита водоемов агролесомелиоративными методами потребует дополнительных всесторонних исследований.

Для решения вопросов защиты и охраны природных вод необходимы совместные усилия ученых разного профиля, изучающих различные аспекты этой проблемы.

Одна из главных задач водохозяйственных и административных органов, общественных организаций, работников сельского и лесного хозяйства — воспитание чувства долга и ответственности всех граждан за охрану окружающей природной среды, за надлежащее состояние земельных, водных и лесных ресурсов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976.
2. Авакян А. Б., Шарапов В. А. Водохранилища гидроэлектростанций СССР. 3-е изд. перер. и дополн. М., 1977.
3. Агролесомелиорация/Под ред. проф. Н. И. Суса. М., 1956.
4. Агролесомелиоративное и лесохозяйственное проектирование/ Под ред. В. Т. Николаенко. М., 1970.
5. Альбенский А. В. и др. Агролесомелиорация. 4-е изд. М., 1972.
6. Антропов Т. Ф. Противозерозионная мелиорация земель. Тула, 1970.
7. Анучин Н. П. Лесовосстановительные и санитарные рубки.— Лесное хозяйство, 1978, № 9.
8. Банников А. Г., Рустамов А. К. Охрана природы. М., 1977.
9. Бараев А. И., Соболев С. С., Шамшин А. С. Основные положения по борьбе с водной и ветровой эрозией почв. М., 1962.
10. Басов Г. Ф. Итоги 50-летнего изучения гидрологической роли лесных полос.— Почвоведение, 1948, № 8.
11. Басов Г. Ф., Грищенко М. Н. Гидрологическая роль лесных полос. М., 1963.
12. Башкиров Г. С. Защитная роль прибрежных лесопосадок.— Природа, 1958, № 2.
13. Беличко Ю. П. Проблема чистой воды. М., 1971.
14. Беличко Ю. П., Агеев О. В. Рациональное использование и охрана природных вод СССР. М., 1978.
15. Бельгарт А. А. Степное лесоразведение. М., 1971.
16. Беннетт Х. Основы охраны почвы. М., 1958.
17. Бодров В. А. Лесная мелиорация. М., 1951.
18. Бондаренко В. С., Титов В. Н. Особенности создания защитных насаждений в бассейнах озера Байкал.— Лесное хозяйство, 1973.
19. Бородавченко И., Толстихин О. Водные ресурсы: Рациональное использование и охрана.— Коммунист, 1975, № 14.
20. Бородавченко И. И. Проблемы использования и охраны водных ресурсов в СССР.— Гидротехника и мелиорация, 1976, № 4.
21. Ботолов Н. А., Митрюшкин К. П., Шапошников Л. К. Охрана и использование биологических ресурсов в СССР. М., 1970.
22. Бочков А. П. Влияние леса и агrolесомелиоративных мероприятий на водность рек лесостепной зоны европейской части СССР. М., 1954.
23. Брауде И. Д. Закрепление и освоение оврагов, балок и крутых склонов. М., 1959.
24. Будыка С. Х. О влиянии леса на водный режим рек.— В кн.: Сборник научных работ по лесному хозяйству/Институт леса АН БССР. Вып. VII. Минск, 1956.
25. Бялович Ю. П. Облесение Каховского водохранилища.— Лес и степь, 1953, № 1.
26. Бялович Ю. П. Волноломные насаждения.— В кн.: Труды/УкрНИИЛХА. Вып. XVII. Киев, 1955.

27. **Васильев И. С.** Опыт изучения поверхностного и внутрипочвенного стока в лесной подзолистой почве.— Почвоведение, 1948, № 5.
28. **Вендров С. Л.** Проблемы преобразования речных систем. Л., 1970.
29. **Вендров С. Л., Дьяконов К. Н.** Водохранилища и окружающая природная среда. М., 1976.
30. **Водоохранная роль леса.**— В кн.: Сборник трудов/ВНИИЛХ, Вып. 18. Пушкино, 1940.
31. **Вознесенский А. Н., Гангардт Г. Г., Герарди И. А.** Основные направления и перспективы использования водных ресурсов СССР.— Водные ресурсы, 1974, № 3.
32. **Воскресенский К. П.** Водные ресурсы СССР.— В кн.: Человек и стихия. Научно-популярный гидрометеорологический сборник/Отв. ред. В. А. Никандров. Л., 1978.
33. **Воробьев Г. И.** Лес защищает поля и водные источники.— Лесное хозяйство, 1975, № 6.
34. **Воробьев Г. И.** Лесное хозяйство СССР. М., 1976.
35. **Воронин И. В., Сенкевич А. А., Бугаев В. А.** Экономическая эффективность в лесохозяйственном и агролесомелиоративном производствах. М., 1975.
36. **Воронков Н. А.** Влияние леса на сток и микроклимат.— Лесное хозяйство, 1972, № 8.
37. **Воронков П. П., Соколова О. К.** Влияние облесенности водосбора на минерализацию воды и величину ионного стока.— В кн.: Вопросы гидхимии. Сборник трудов/Гидрологический институт. Вып. 37(91). М., 1953.
38. **Воронцов А. И., Харитоновна Н. З.** Охрана природы. 2-е изд. перераб. М., 1974.
39. **Врочинский К.** Некоторые гигиенические аспекты миграции пестицидов в биосфере.— Гигиена и санитария, 1977, № 9.
40. **Высоцкий Г. Н.** Материалы по изучению водоохранной и водорегулирующей роли лесов и болот. М., 1937.
41. **Выра Н.** Охрана вод от загрязнения удобрениями и пестицидами.— Гидротехника и мелиорация, 1977, № 4.
42. **Гамадеев М. М.** Санитарно-гигиенические аспекты. Охрана окружающей среды. Казань, 1976.
43. **Гигиена водохранилищ/Под ред. проф. Н. Н. Литвинова.** М., 1961.
44. **Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР/Под ред. П. С. Непорожного.** М., 1970.
45. **Гидрологическая и противоэрозийная роль лесных насаждений/Сурмач Г. Д., Гаршинев А., Панов В. И., Котов А. В.**— В кн.: Гидрологическая роль защитных лесных насаждений. Научные труды/ВАСХНИЛ. М., 1975.
46. **Горский Н. Н.** Вода — чудо природы. М., 1962.
47. **Гулисашвили В. З.** Горное лесоводство. М.—Л., 1950.
48. **Гурвич Л. С., Лукьянов В. С.** Вода — наш друг. М., 1968.
49. **Гусев А. Г.** Нормирование поверхностно-активных веществ в воде рыбохозяйственных водоемов.— В кн.: Городская канализация. Научные труды/Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. Вып. 63, № 5. М., 1970.
50. **Доклады советских ученых на международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду/Отв. ред. И. И. Ханбеков.** М., 1970.
51. **Доклады иностранных ученых на международном симпозиуме по влиянию леса на внешнюю среду/Отв. ред. И. И. Ханбеков.** М., 1970.
52. **Денисов А. К.** Защитно-водоохранная роль прирусловых лесов и принципы хозяйства в них. М., 1963.
53. **Докучаев В. В.** Предполагаемое обмеление рек европейской России. Т. 1. М., 1949.

54. Долгилевич М. И. Полезащитное лесоразведение в США. Волгоград, 1974.
55. Дорст Ж. До того, как умрет природа. М., 1968.
56. Досахметов А., Яхъяев Н., Эгамбердыев Г. Защитные насаждения вокруг водохранилищ.— Лесное хозяйство, 1977, № 6.
57. Дубах А. Д. Лес, как гидрологический фактор. М.—Л., 1951.
58. Дубянский В. А. Насаждения-илофильтры для задержания песчаных наносов из балок Дона и его притоков.— Лесное хозяйство, 1951, № 9.
59. Дювиньо П., Танг М. Биосфера и место в ней человека. (Экологические системы и биосфера). М., 1973.
60. Жиганов Ю. И. Защитное лесоразведение в странах европейского континента. М., 1973.
61. Жилкин Б. Д. Повышение продуктивности сосновых насаждений культурой люпина. Минск, 1974.
62. Жуков А., Исаев А. Леса особого назначения.— Правда, 1978, 4 июня, № 155 (21855).
63. Заманская И. Ш., Гар К. А. Загрязнение окружающей среды полихлорированными бифенилами и их идентификация в присутствии хлорсодержащих пестицидов. М., 1976.
64. Зарубин Г. П., Никитин Д. П., Новиков Ю. В. Окружающая среда и здоровье. М., 1977.
65. Защита водохранилищ и борьба с эрозией почв.— В кн.: Сборник трудов /ВНИАЛМИ. Вып. 44. Волгоград, 1964.
66. Защитная зона Днепра/Редколлегия: Ю. П. Бяллович, Д. В. Воробьев, С. И. Федоренко и др. Киев, 1962.
67. Зонн И. С. Международное сотрудничество в области использования водных ресурсов.— Обзорная информация БНТИ Минводхоза СССР, 1974, № 14.
68. Идзон П. Ф. Некоторые новые данные о гидрологической роли леса.— В кн.: Доклады АН СССР/Редколлегия: Л. А. Арцимович, А. Г. Батехтин, С. А. Векшинский и др. М., 1961, Т. 137, № 4.
69. Идзон П. Ф., Пименова Г. С. Влияние леса на сток рек. М., 1975.
70. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий. М., 1973.
71. Израэль Ю. А., Гасилина Н. К., Ровинский Ф. Н. Система наблюдения и контроля загрязнения природной среды в СССР.— Метеорология и гидрология, 1978, № 10.
72. Каверин А. М. Правовая охрана вод от загрязнения. М., 1977.
73. Калининченко Н. П., Ильинский В. В. Лесомелиорация овражно-балочных систем. М., 1976.
74. Каналы СССР. Гидрохимия и гидробиология/Отв. ред. А. В. Топацевский, А. В. Францев. Киев, 1968.
75. Каргов В. А. Лесные полосы и увлажнение полей. М., 1971.
76. Кирясов В., Мезенцев В. Иртыш в упряжке.— Правда, 1978, 26 октября, № 299 (21999).
77. Китредж Дж. Влияние леса на климат, почвы и водный режим. М., 1951.
78. Коблев Ю. Н. Противозерозионная роль агролесомелиоративных мероприятий на каштановых почвах правобережья Нижней Волги.— Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. с.-х. наук. Волгоград, 1963.
79. Козменко А. С. Борьба с эрозией почвы на сельскохозяйственных угодьях. М., 1963.
80. Козменко А. С. Заиление речных водохранилищ и борьба с ним. М., 1959.



81. Козменко А. С. Борьба с эрозией почвы. М., 1954.
82. Колесниченко М. В. Биохимическое взаимодействие древесных растений. М., 1968.
83. Конке Г., Бертран А. Охрана почвы. М., 1962.
84. Короткевич Ф. Н. Изучение динамики процессов размыва в различных условиях рельефа Придесенья.— В кн.: Научный отчет за 1938 г./УкрНИИЛХА. Харьков, 1939.
85. Костюкевич Н. И. О среднегодовом стоке в связи с изменением лесистости.— В кн.: Сборник научных работ по лесному хозяйству/Институт леса АН БССР. Вып. VI. Минск, 1955.
86. Котельников В. Л. Преобразование природы степи и лесостепи. М., 1949.
87. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Л., 1962.
88. Куница Н. М. Защитный щит Каховского водохранилища.— Лесное хозяйство, 1974, № 9.
89. Кутырин И. М., Беличко Ю. П. Охрана водных ресурсов — проблема современности. 2-е изд. перераб. и доп. Л., 1974.
90. Лебедев А. В. Европейская территория СССР. Л., 1958.
91. Лебедев А. В. Водоохранное значение леса в бассейне Оби и Енисея. М., 1964.
92. Ленский Л. М. Материалы по истории социалистического лесного законодательства. М.—Л., 1947.
93. Лигун О. С., Макаров А. И., Смирнова М. Е. Экономико-экологическая оценка последствий создания ГЭС и водохранилищ. М., 1977.
94. Лосицкий К. Б., Цымек А. А. Твердолиственные леса СССР. М., 1972.
95. Львович А. И. Защита вод от загрязнения. Л., 1977.
96. Львович М. И. Реки СССР. М., 1971.
97. Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее. М., 1974.
98. Марей А. Н. Санитарная охрана водоемов от загрязнений радиоактивными веществами. М., 1976.
99. Матарзин Ю. М. Проблемы комплексных географо-гидрологических исследований формирования крупных водохранилищ и их влияния на природу и хозяйство (на примере Камского каскада).— Автореф. дис. на соиск. ученой степени д-ра географ. наук. Пермь, 1971.
100. Мелехов И. С. Проблемы современного лесоводства. М., 1969.
101. Мелехов И. С. Лесоведение и лесоводство. М., 1972.
102. Мельников Н. Н., Волков А. И., Короткова О. А. Пестициды и окружающая среда. М., 1977.
103. Метелев В. В., Канаев А. И., Дзасохова Н. Г. Водная токсикология. М., 1971.
104. Мировой водный баланс и водные ресурсы земли/Редколлегия: Корзун В. И., Соколов А. А., Бudyко М. К. и др. Л., 1974.
105. Митрюшкин К. П., Шапошников Л. К. Человек и природа. М., 1974.
106. Митрюшкин К. П., Шапошников Л. К. Прогресс и природа. М., 1978.
107. Михович А. И. Методика количественной оценки водорегулирующей роли леса. Киев, 1969.
108. Можаяев Е. А. Загрязнение водоемов поверхностно-активными веществами. М., 1976.
109. Молдованов А. И. Заиление прудов и водохранилищ в степных районах. Л., 1978.
110. Молчанов А. А. Водоохранно-защитное значение лесов.— В кн.:

Достижения науки в лесном хозяйстве за 40 лет/Редколлегия: В. Н. Сукачев, Н. Н. Никитин, П. В. Васильев. М., 1957.

111. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М., 1960.

112. Молчанов А. А. Оптимальная лесистость (на примере ЦЧР). М., 1966.

113. Молчанов А. А. Лес и окружающая среда. М., 1968.

114. Молчанов А. А. Гидрологические исследования в лесу. М., 1970.

115. Молчанов А. А. Влияние леса на окружающую среду. М., 1973.

116. Молчанова А. И., Бойко Н. П. Полезащитное лесоразведение в Узбекистане. М., 1969.

117. Морозов Г. Ф. Учение о лесе. 6-е изд. М.—Л., 1931.

118. Морозов И. Р. Защитное лесоразведение в руслах рек. М., 1956.

119. Муннс Карло. Среднеземноморье: опасно! Нефть!—Курьер Юнеско, январь 1973.

120. Народное хозяйство СССР за 60 лет. Юбилейный статистический ежегодник. М., 1977.

121. Никитин А. П. Борьба с водной эрозией почв.—Лесное хозяйство, 1978, № 11.

122. Николаенко В. Т. О наблюдениях за влиянием леса на поверхностный сток.—Реферативно-тезисный сборник научно-технической конференции по результатам исследовательских работ за 1959 г. Вып. V/Ответственный за выпуск Луцевич А. А. Брянск, 1960.

123. Николаенко В. Т. О влиянии леса на поверхностный сток и питьевые качества воды. Тезисы докладов и сообщений научного технического совещания по методам защиты рек и водохранилищ от загрязнения промышленными и бытовыми стоками/Отв. ред. А. М. Веракш. Львов, 1960.

124. Николаенко В. Т. Защита водохранилищ Рузского гидроузла лесными насаждениями.—Лесное хозяйство, 1960, № 9.

125. Николаенко В. Т. Лесные культуры по берегам Истринского водохранилища.—Лесной журнал, 1960, № 6.

126. Николаенко В. Т. Лесомелиоративные мероприятия по защите малых водохранилищ от загрязнения.—В кн.: Малые водоемы равнинных областей СССР и их использование/Отв. ред. С. В. Калесник, 1961.

127. Николаенко В. Т. О влиянии леса на питьевые качества воды.—Лесное хозяйство, 1962, № 12.

128. Николаенко В. Т. О влиянии леса на водно-физические свойства почв.—Лесной журнал, 1962, № 6.

129. Николаенко В. Т. Защитные лесные насаждения на берегах водохранилища Новосибирской ГЭС.—В кн.: Опыт ведения лесного хозяйства и лесоустройства в Западной Сибири/Отв. ред. Г. В. Крылов. Новосибирск, 1962.

130. Николаенко В. Т. Борьба с абразионными явлениями по берегам водохранилищ.—Лесозащита и лесное хозяйство, 1965, № 26.

131. Николаенко В. Т. Защита водохранилищ лесными насаждениями. М., 1968.

132. Николаенко В. Т. Опыт создания и проектирования государственных защитных лесных насаждений.—В кн.: Материалы научной конференции по вопросам лесного хозяйства/Отв. за выпуск: И. И. Ханбеков, В. В. Миронов, Н. А. Недвецкий. Пушкино, 1970.

133. Николаенко В. Т. Основные принципы проектирования защитных лесных насаждений. М., 1971.

134. Николаенко В. Т. Лес охраняет берега.—Лесная новь, 1971, № 4.

135. Николаенко В. Т. Полностью использовать водоохранны-защитные свойства леса.—Лесное хозяйство, 1971, № 6.

136. Николаенко В. Т. Проектирование и создание лесных культур на

крутых склонах.— В кн.: Материалы Международного совещания специалистов стран — членов СЭВ по вопросу «Создание лесных культур на крутых горных склонах путем террасирования с применением комплексной механизации/Отв. ред. И. И. Ханбеков. Пушкино, 1971.

137. Николаенко В. Т. О роли лесных насаждений в повышении качества воды.— В кн.: Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР/Отв. за выпуск А. А. Молчанов. М., 1972.

138. Николаенко В. Т., Плотников Л. А., Воронина А. П. Леса I группы. М., 1973.

139. Николаенко В. Т. Роль леса в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем биосферы.— В кн.: Лес и его роль в охране окружающей среды. Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума с участием зарубежных специалистов/Под ред. С. Г. Синицына. Таллин, 1976.

140. Николаенко В. Т. Водоохранно-мелиоративная роль защитных лесных насаждений.— В кн.: Защитно-водоохранные леса. Сборник науч. трудов/ВНИИЛМ, 1977.

141. Николаенко В. Т. Лесные насаждения и защита водохранилищ.— Лесное хозяйство, 1978, № 9.

142. Николаенко В. Т. Воспроизводство лесных ресурсов и охрана окружающей среды.— Международный сельскохозяйственный журнал, 1978, № 6.

143. Николаенко В. Т., Бабанин А. В. Агрлесомелиорация в борьбе с водной и ветровой эрозией. М., 1978.

144. Никольский Г. В. Частная ихтиология. 3-е изд. М., 1971.

145. Никольский Г. В. Экология рыб. М., 1974.

146. Новиков Ю. В. Воде быть чистой. М., 1977.

147. Опыт организации охраны природных ресурсов в США. Обзор литературы/Сост. В. Д. Фокиной. М., 1971.

148. Орлов М. М. Очерки лесоустройства в его современной практике.— М.—Л., 1924.

149. Основы лесного законодательства Союза ССР и союзных республик — Лесная промышленность, 1977, 21 июня.

150. Оуэн О. С. Охрана природных ресурсов. М., 1977.

151. Охрана водной среды. М., 1978.

152. Охрана окружающей среды. Справочник/Сост. Л. П. Шариков, Л., 1978.

153. Павлов А. Н. Полезащитное лесоразведение в СССР на современном этапе. М., 1971.

154. Парсон Р. Природа предъявляет счет. М., 1969.

155. Побединский А. В. Влияние лесохозяйственных мероприятий на водоохранно-защитную роль леса. М., 1975.

156. Побединский А. В. Рубки главного пользования. М., 1964.

157. Принципы выделения защитных лесных полос/Отв. ред. А. А. Молчанов. М., 1977.

158. Расторгуев Л. И. Защитное лесоразведение по берегам крупных водохранилищ. Обзор литературы. Вып. 4(48). М., 1966.

159. Расторгуев Л. И. Борьба с заилением речных водохранилищ. М., 1972.

160. Рахманов В. В. О водорегулирующей и почвозащитной роли лесных насаждений.— Метеорология и гидрология, 1949, № 1.

161. Рахманов В. В. Водоохранная роль лесов. М., 1962.

162. Рахманов В. В. Новые исследования реки Амазонки.— Метеорология и гидрология, 1965, № 8.

163. Рахманов В. В. Роль лесов в формировании речного стока.— Лесное хозяйство, 1978, № 8.
164. Рекомендации по выращиванию противозерозионных лесных насаждений и строительству простейших гидротехнических сооружений на ображно-балочных землях в лесостепных и степных зонах европейской части РСФСР. Пушкино, 1974.
165. Розенфельд А. С. Вода и здоровье (Гигиена водоснабжения). М., 1963.
166. Рубцов М. В. Защитно-водоохранные леса. М., 1972.
167. Рубцов М. В., Салмина Ю. Н. Влияние лесов европейского севера СССР на воспроизводство ценных видов рыб. М., 1978.
168. Румянцев А. М. Регулирование использования водных ресурсов водохранилищ. М., 1966.
169. Русинов И. Ф. О мелиоративном освоении мелководий и подтопленных земель в зоне водохранилищ ГЭС.— Гидротехника и мелиорация, 1964, № 11.
170. Рутковский В. И. Обоснование лесохозяйственных мероприятий по усилению защитных водоохранных свойств леса. М.—Л., 1948.
171. Рябышев М. Г. Охрана водных ресурсов Москвы.— Водные ресурсы, 1975, № 5.
172. Сенкевич А. А. Экономика защитного лесоразведения. М., 1969.
173. Скабалланович И. А. Итоги и задачи гидрогеологических исследований в районе водохранилищ днепровского каскада.— В кн.: Труды совещания по гидрологии и инженерной геологии района днепровских водохранилищ и ирригационных систем Приднепровья/Редколлегия: И. А. Скабалланович, Г. Б. Мельников, Н. З. Хмарский, Е. А. Топчиев. Днепропетровск, 1962.
174. Соболев С. С. Современное состояние и задачи борьбы с эрозией почв в СССР. М., 1963.
175. Соболев С. С. Эрозия почв в СССР и борьба с нею. М., 1973.
176. Соколов А. А. Гидрография СССР. Л., 1964.
177. Соколовский Д. Л. Речной сток. Л., 1952.
178. Социально-экономические аспекты охраны окружающей среды в Донбассе/Отв. ред. Л. А. Белашов. Киев, 1976.
179. Спиридонов Е. С. Влияние лесных насаждений на качество вод поверхностного стока.— Лесное хозяйство, 1965, № 2.
180. Спиридонов Е. С. Влияние лесной подстилки на изменение химических и бактериологических показателей стоковых вод.— Лесной журнал, 1966, № 4.
181. Степанов А. М. Особенности проектирования и размещения защитных лесонасаждений на орошаемых землях.— В кн.: Защитное лесоразведение на орошаемых землях/Под ред. А. М. Степанова. М., 1973.
182. Степин В. В. Расчет экономической эффективности защитного лесоразведения. М., 1971.
183. Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод. Л., 1966.
184. Сурмач Г. П. Водорегулирующая и противозерозионная роль насаждений. М., 1971.
185. Сурмач Г. П. О роли лесных полос в комплексе противозерозионных мероприятий.— В кн.: Вопросы антропогенных изменений водных ресурсов. Сборник статей/Гл. ред. Н. И. Короткова. М., 1976.
186. Сурмач Г. П. Регулирование поверхностного стока на водосборах.— В кн.: Научно-технический прогресс в проектировании и пути повышения эффективности лесохозяйственного производства и защитного лесоразведения в десятой пятилетке. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. М., 1978.
187. Сухарев И. П. Водорегулирующая роль лесных полос Каменной

- степи.— В кн.: Полезащитное лесоразведение. Сборник трудов/НИИСХ им. В. В. Докучаева. М., 1955.
188. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания «Охрана воды от загрязнения ядохимикатами и удобрениями». 28—30 сентября 1976 года, г. Краснодар/Куприкова Л. Н., Степанова Л. В., Кожина Л. А. и др. М., 1976.
189. Тимофеев В. П. Роль рубок ухода в формировании молодняков.— Лесное хозяйство, 1973, № 1.
190. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., 1969.
191. Трагедия средиземного моря.— За рубежом, 1978, № 34.
192. Трещевский И. В. Методы определения экономической эффективности полезащитного лесоразведения.— В кн.: Научные основы защитного лесоразведения и его эффективность. Сборник статей/Под ред. акад. И. С. Мелехова и Г. И. Матякина. М., 1970.
193. Троицкий В. А., Жернова М. Н. Влияние леса на поверхностный сток.— В кн.: Водный режим в лесах. Сборник трудов/ВНИИЛХ. Вып. 8. М., 1939.
194. Турский М. К. Краткий предварительный отчет по лесоводственному отделу экспедиции, руководимой Гиллоза. 1895, СПб, 1896.
195. Харитонов Г. А. К методике устройства стоковых площадок по учету стока и смыва почвы.— Почвоведение, 1940, № 2.
196. Харитонов Г. А. Водорегулирующая и противозерозонная роль леса в условиях лесостепи. М., 1963.
197. Харитонов Г. А. Лесомелиорация водных угодий. М., 1976.
198. Хейердал Т. Уязвимый океан.— Наука и жизнь, 1978, № 7.
199. Химин П. Ф. Защитные насаждения по берегам Цимлянского водохранилища.— Лесное хозяйство, 1971, № 6.
200. Холуяк К. Л. О научных основах проектирования мер борьбы с водной эрозией.— Вестник с.-х. науки, 1972, № 2.
201. Холуяк К. Л. Устройство противозерозонных лесных насаждений. М., 1973.
202. Хуторцев И. И. Поверхностный и речной сток и возникновение эрозии почв на концентрированных вырубках в горах Бурят-Монголии. М., 1957.
203. Фальковская Л., Кутырин И. О поступлении биогенных элементов в водоемы.— Водные ресурсы, 1977, № 4.
204. Федоров Е. К. Экологический кризис и социальный прогресс. Л., 1977.
205. Фокина В. Д., Красовская Т. М. Охрана природной среды в ФРГ. М., 1974.
206. Фокина В. Д., Красовская Т. М. Охрана природной среды в Великобритании. М., 1974.
207. Черкинский С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. Изд. 5-е, М., 1977.
208. Чернышев А. А. Проектирование, устройство и эксплуатация водозадерживающих и водорегулирующих валов. Киев, 1968.
209. Чижик А. К. Рыбоводство и ирригация. М., 1970.
210. Чубатый О. В. Влияние леса на речной сток и его зарегулированность в Карпатах.— Лесоведение, 1978, № 2.
211. Шапов Г. И. Речные наносы. 2-е изд., испр. и доп. Л., 1959.
212. Шапиро Х. Ш. Заиление русловых водохранилищ.— В кн.: Заиление водохранилищ и борьба с ним/Под ред. В. В. Пославского и В. Д. Бердыша. М., 1970.
213. Шаталов В. Г. Прирусловые леса ЦЧО. Воронеж, 1975.

214. **Шепелев Д., Андреева А.** Загрязнение воды пруда отходами животных.— В кн.: Проблемы природных и экономических ресурсов. Сборник научных статей/Редколлегия: Н. В. Клюкин (отв. ред.) и др. Саранск, 1976.
215. **Шигорин Г. Г.** Способы определения загрязненности поверхностного стока населенных мест.— В кн.: Городская канализация. Научные труды/ Академии коммунального хозяйства. Вып. XX, № 2. М., 1963.
216. **Шигорин Г. Г.** Исследования работы различных систем городской канализации.— Автореф. дис. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук. Л., 1971.
217. **Шпак И. С.** Влияние леса на водный баланс водосборов. Киев, 1968.
218. **Юркевич М. С.** Определение экономической эффективности защитного лесоразведения в горах Средней Азии.— Лесное хозяйство, 1971, № 10.
219. **Ashton P. M., Crafts A. S.** Mode of Action of Herbicides. New York, J. Wiley, 1973.
220. **Barnes R. E.** Streambank erosion. Soil conservation, 1968, v. 33, N 6.
221. **Berg N.** What's happening to water quality in the Great lakes? — Soil conservation, 1977, v. 43, N 4.
222. **Blasguer C. H.** Agr. Food chem., 1973, v. 21.
223. **Combs G., Scott M.** Polychlorinated biphenyls as environmental contaminants. — World poultry Sc. J., 1971, v. 33, N 1.
224. **Chojnacki A.** Znaczenie mikrozanieczyszczen przy ocenie jakosci wod. — Gospodarka Wodna, 1977, v. 37, N 1.
225. **Dugan P. R.** Influence of chronic exposure to anionic detergents on toxicity of pesticides to Goldfish. J. Wat. Pollut. Control Fed., 1967, v. 39.
226. **Duminica P.** Protectie mediului in conjurator in judet Botosani. Terra (Bucuresti), 1977, IX (XXIX), N 1.
227. **Dunbar D., Henry I.** Pollution control measures for stormwater and combined sewer overflows. — S. Water Pollution, 1966, v. 38, N 1.
228. **Environmental Pollution by Pesticides.** Ed. by C. A. Edwards. London, Plenum Press, 1973.
229. **Got H.** La radioactivité des sédiments au large de l'embouchure du Grand Rhône. Rapp. et proc. — verb. reun. Commis. int explor. sci. Mer. méditerr. Monaco, 1972, v. 21, N 6.
230. **Grundey K.** Pollution — a problem that affects everyone. Farmers weekly, 1977, v. 86, N 13.
231. **Leeden F., van.** Polychlorinated biphenyls (PCBs) in municipal waste waters: an assesment of the problem in the Canadian Lower Lakes. Water Newsletter, 1977, v. 19, N 1.
232. **Martin R. O. R. Hanson R. L.** Reservoirs in the United States Government Printing Office, Washington, 1966.
233. **Murray G., Lowry G.** SCS and water quality: an overview. Soil conservation, 1976, v. 42, N 4.
234. **Nelson G. A.** Our polluted planet. — Progressive, 1969, v. 33, N 11.
235. **Nishichi J., Vashida K.** Weed Abstracts, 1975, v. 24.
236. **Plant Health Newsletter, Eppo Publications Ser. B. N 79, Parism, 1975.**
237. **Polychlorinated biphenyls — environmental impact.** A review by the Panel of Hazardous Trace substances. March 1972, Environ. Res., 1972, v. 5, N 3.
238. **Schmid G. et al.** Grundsatzfragen zur Erhaltung der Kulturlandschaft. Bayerlands, 1976, v. 53, N 7.
239. **Stewart D. et al.** Insecticide residues in bottom sediments of two New Brunswick streams draining agricultural land. Canad. J. Soil Sc., 1977, v. 57, N 1.

240. Spenser W., Farmer W., Clith M. Res. Rev., 1973, v. 49.  
 241. Tinker G. Britain's environment — nanny knows best. New Scientist, 1972, v. 53, N 786.  
 242. Third report of the research committee on toxic chemicals, 1970, N 3, pp. 31—35.  
 243. US News and World Report, 1973, N 14.  
 244. Wagner D., Dodds D. Soil erosion as a pollution agent. N. D. Farm Res. 1971, N 28.  
 245. Larkin G. Improved water quality for lake Superior. Soil Conserv., 1977, v. 43, N 5.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5
<b>I. Значение и содержание проблемы охраны водоемов</b> . . . . .	<b>8</b>
1. Охрана и защита водных ресурсов — важная проблема современности . . . . .	8
2. Водные ресурсы, их использование и санитарно-гигиеническое состояние водоемов . . . . .	11
3. Лесные насаждения как важнейшая экологическая система биосферы в борьбе с заилением и загрязнением водоемов . . . . .	38
4. Некоторые аспекты правового регулирования использования водных ресурсов и их охрана . . . . .	49
<b>II. Взаимосвязь леса и воды</b> . . . . .	<b>54</b>
1. Роль леса в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем биосферы . . . . .	54
2. Влияние лесных насаждений на органолептические свойства, химический состав и бактериологические показатели вод поверхностного стока . . . . .	91
<b>III. Роль леса в условиях регулируемого водного баланса страны</b> . . . . .	<b>113</b>
1. Водохранилища — основа рационального использования и охраны водных ресурсов . . . . .	113
2. Лес и его роль в защите водохранилищ и каналов . . . . .	124
<b>IV. Основные факторы нарушения водной среды и водно-экологических систем и их характеристика</b> . . . . .	<b>138</b>
<b>V. Мероприятия по защите водной среды от заиления и загрязнения</b> . . . . .	<b>164</b>
1. Основные требования к чистоте водисточников . . . . .	164
2. Организационные мероприятия и инженерные способы защиты водной среды . . . . .	166
3. Основные агротехнические мероприятия . . . . .	171
4. Агролесомелиоративные мероприятия . . . . .	178
5. Лесомелиоративные мероприятия по берегам рек, водохранилищ и других водоемов . . . . .	203
6. Облесение и закрепление оврагов и балок . . . . .	212
<b>VI. Основные принципы ведения лесного хозяйства в водоохранным защитных лесах</b> . . . . .	<b>220</b>
<b>VII. Особенности защиты крупных водных экосистем</b> . . . . .	<b>233</b>
<b>VIII. Социально-экономическая оценка агролесомелиоративных мероприятий</b> . . . . .	<b>246</b>
Заключение . . . . .	252
Список литературы . . . . .	254

**Владимир Трофимович Николаенко**

**ЛЕС И ЗАЩИТА ВОДОЕМОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Редактор издательства *И. Д. Лебедева*  
Художественный редактор *В. Н. Журавский*  
Переплет художника *В. Н. Ткунова*  
Технический редактор *Г. П. Васильева*  
Корректоры *Е. Е. Ярина, В. И. Смирнова*

ИБ № 1146

Сдано в набор 19.11.79. Подписано в печать 23.06.80.  
Т-11168. Формат 60×84/16. Бумага типографская № 2.  
Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ.  
л. 13,55 + ив. вкл. 0,23. Уч.-изд. л. 17,06. Тираж  
3400 экз. Заказ 4544. Цена 2 р. 80 к.

Издательство „Лесная промышленность“, 101000,  
Москва, ул. Кирова, 40а.

Типография имени Анохина  
Управления по делам издательства, полиграфии  
и книжной торговли  
Совета Министров Карельской АССР,  
Петрозаводск, ул. «Правды», 4