

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

В.Е. Мусохранов, Т.Н. Жачкина

**ОСНОВЫ
РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ:
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА**

Учебное пособие

Часть III

*Допущено УМО по образованию
в области природообустройства и водопользования
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки 280400 – «Природообустройство»,
специальность 280401 – «Мелиорация, рекультивация
и охрана земель»*

Барнаул
Издательство АГАУ
2007

УДК 630:631.6.02:556.18

Мусохранов В.Е. **Основы рационального природопользования: лесное хозяйство, водное хозяйство, регулирование речного стока:** учебное пособие в 3 ч. / В.Е. Мусохранов, Т.Н. Жачкина, Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. Ч. III. 255 с.

ISBN 978-5-94485-068-3

В издании рассмотрены леса России с ресурсной, средо-стабилизирующей и почвоводоохранной сторон. При рассмотрении водохозяйственных комплексов показаны внутрибассейновые и межбассейновые подходы, государственный мониторинг водных объектов, а также принципы управления водным хозяйством и диспетчерские графики.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 280400 – «Природообустройство».

Рекомендовано к изданию методической комиссией института природообустройства АГАУ (протокол № 38 от 15.05.2006 г.).

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Е.Г. Парамонов, ИВЭП, СО РАН;
доктор биологических наук,
профессор В.А. Рассыпнов, БГПУ;
кандидат технических наук,
доцент С.А. Павлов, АГАУ.

ISBN 978-5-94485-068-3

© Мусохранов В.Е., Жачкина Т.Н., 2007

© ФГОУ ВПО АГАУ, 2007

© Издательство АГАУ, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	7
Введение	7
Глава 1. Леса Земли и их значение	8
1.1. Биосферные функции леса.....	8
1.2. Лесные ресурсы биосферы	12
1.3. Леса России	14
1.4. Леса Алтайского края.....	17
Глава 2. Древесно-кустарниковые породы, условия их произрастания	22
2.1. Хвойные древесные породы.....	22
2.2. Лиственные древесные породы.....	26
2.3. Классификация древесно-кустарниковых пород.....	30
2.4. Ассортимент рекомендуемых древесно-кустарниковых пород для создания лесоаграрных ландшафтов и зеленого строительства в Алтайском крае.....	33
Глава 3. Основные принципы и правила лесного дела, охрана лесов и природной среды при лесопользовании ..	35
3.1. Лесоустройство.....	35
3.2. Лесосеменное хозяйство	37
3.3. Лесхоз	39
3.4. Лесопарковое хозяйство	42
3.5. Охрана леса	43
3.6. Лесные пожары	43
3.7. Лесовосстановление	49
3.8. Защита от вредителей и болезней	51
Глава 4. Общие вопросы защитного лесоразведения	54
4.1. История полезащитного лесоразведения	54
4.2. Научные основы полезащитного лесоразведения	56
4.3. Практические аспекты полезащитного лесоразведения ..	59
4.4. Зоолесомелиоративные мероприятия	63
Глава 5. Особенности использования песчаных земель и агролесомелиоративные приемы на водосборах	66
5.1. Закрепление песков	66
5.2. Агролесомелиоративные приемы на водосборах.....	73

Глава 6. Озеленение населенных пунктов, шоссейных и железных дорог	80
6.1. Озеленение городов.....	81
6.2. Проектирование садово-паркового ландшафта.....	85
6.3. Озеленение сельских поселений.....	89
6.4. Защитные лесные полосы вдоль шоссейных дорог.....	90
6.5. Защитные лесные полосы вдоль железных дорог.....	96
ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО	101
Введение	101
Глава 1. Водохозяйственные объекты, комплексы и системы	102
1.1. Водохозяйственные объекты.....	102
1.2. Водохозяйственные комплексы и системы.....	104
1.3. Классификация водохозяйственного комплекса.....	108
1.4. Водохозяйственные системы.....	112
1.5. Территориальное перераспределение стока.....	116
Глава 2. Отраслевое водное хозяйство и система его управления	117
2.1. Сферы и объекты водопользования и водопотребления.....	118
2.2. Управление водным хозяйством.....	123
2.3. Ведение государственного учета вод.....	128
2.4. Государственный мониторинг водных объектов.....	130
2.5. Водный кадастр.....	133
РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА	137
Введение	137
Глава 1. Виды регулирования стока, классификация и методика расчета водохранилищ	140
1.1. Классификация видов регулирования стока.....	140
1.2. Классификация водохранилищ.....	144
1.3. Характеристики водохранилищ.....	146
1.4. Основные составляющие объема и нормативные уровни водохранилищ.....	148
1.5. Общая методика расчета водохранилищ.....	150
1.6. Заиление водохранилищ.....	155
1.7. Расчет срока и объема заиления.....	156
1.8. Потери воды из водохранилищ.....	159

Глава 2. Инженерные гидрологические расчеты	163
2.1. Общие сведения о гидрологических расчетах.....	163
2.2. Норма стока и ее определение.....	165
2.3. Статистические расчеты характеристик речного стока... 169	
2.3.1. Эмпирическая кривая обеспеченности	170
2.3.2. Аналитические кривые обеспеченности и методы определения их параметров	171
2.3.3. Расчет параметров аналитической кривой обеспеченности	172
2.3.4. Построение аналитических кривых обеспеченности	175
2.4. Внутригодовое распределение стока.....	176
2.4.1. Расчет внутригодового распределения стока.....	178
2.5. Максимальный сток рек.....	181
2.5.1. Расчет максимального стока	182
2.6. Минимальный сток и его расчеты	186
Глава 3. Сезонное (годовое) регулирование стока	188
3.1. Таблично-цифровые балансовые расчеты.....	190
3.1.1. Расчет по первому варианту правил регулирования стока	192
3.1.2. Расчет по второму варианту правил регулирования стока	192
3.1.3. Решение обратной задачи.....	196
3.2. Графические способы расчета водохранилищ.....	197
3.3. Графики режима работы водохранилища	202
3.4. Графический способ решения обратной задачи регулирования стока.....	204
Глава 4. Многолетнее регулирование стока	206
4.1. Сущность и общая методика расчета многолетнего регулирования стока	206
4.2. Расчеты многолетнего регулирования стока по календарным гидрологическим рядам	208
4.2.1. Расчет сезонной составляющей объема.....	208
4.3. Расчет многолетней составляющей	210
4.3.1. Расчет многолетней составляющей по календарным гидрологическим рядам.....	210
4.3.2. Расчеты многолетнего регулирования стока по обобщенным параметрам стока.....	213

4.3.3. Метод вероятных вариантов	214
Глава 5. Компенсирующее	
и каскадное регулирование стока	218
5.1. Компенсирующее регулирование стока	218
5.2. Каскадное регулирование стока	220
Глава 6. Регулирование стока половодий и паводков	223
6.1. Общие положения	223
6.2. Расчетные гидрографы половодья	225
6.2.1. Построение расчетного гидрографа	
по формулам Д.Л. Соколовского	225
6.2.2. Построение расчетного гидрографа половодья	
по методу Г.А. Алексева	226
6.3. Приближенный способ расчета трансформации	
половодий (паводков) по способу Д.И. Кочерина	227
6.4. Расчеты регулирования стока половодий (паводков)	
на основе уравнений баланса	230
6.4.1. Графоаналитический метод М.В. Потапова	230
6.4.2. Расчет пропуска паводка через водохранилище	
методом Я.Д. Гильденבלата	232
6.5. Защита территории от наводнений	234
Глава 7. Эксплуатация водохранилищ	235
7.1. Подготовка водохранилищ к эксплуатации	235
7.2. Задачи службы эксплуатации водохранилищ	237
7.3. Наблюдения за состоянием водохранилища	238
7.4. Регулирование стока на переменную отдачу	
(диспетчерские графики)	239
7.5. Водоохранилища и окружающая природная среда	242
Определения и термины	247
Библиографический список	252
Рекомендуемая литература	254

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Лесному хозяйству посвящено шесть глав, где отражены вопросы биосферного значения лесов, их почвозащитная, водоохранная роль. Показаны ресурсные характеристики лесов России и Алтайского края. Отдельной главой даны характеристики древеснокустарниковых пород и условий их произрастания. Основные принципы и правила лесного дела отражают содержание лесоустройства, лесосеменного хозяйства, производственные структуры, проблемы и решения защиты леса от пожаров, вредителей и болезней.

В соответствии с образовательным стандартом особое внимание уделено полезному лесоразведению, использованию песчаных почв и склоновых земель, озеленению городских и сельских поселений.

ВВЕДЕНИЕ

В части III данного пособия рассматриваются три природно-ресурсные группы и антропогенная деятельность: лесное хозяйство, водное хозяйство и регулирование речного стока, которые, казалось бы, при некоторой внешней разобщенности едины по существу.

В древних натурфилософских учениях рассматривались четыре стихии: огонь, вода, воздух, земля. В первой части пособия уже сделана попытка объединить эти стихии. Во второй части наиболее полно отражена стихия «Земля».

К четырем стихиям, определенным древними, можно присоединить лес как стихию природы. В лесу, как нигде, взаимодействуют земля, вода, воздух и огонь.

Лесное хозяйство – отрасль природопользования и народного хозяйства, занятая использованием лесов и земель лесного фонда для восполнения изымаемых древесных запасов, выращивания возможно большего количества древесины и другой лесной продукции, повышение защитных, рекреационных и иных полезных свойств леса. Лесное хозяйство осуществляет защиту лесов от пожаров, вредителей и болезней лесных пород.

Водное хозяйство – группа отраслей народного хозяйства, занимающаяся учетом, регулированием, комплексным использованием поверхностных и подземных водных ресурсов, а также защитой населения и материальных ценностей от разрушительной деятельности вод. По наличию водных ресурсов Россия занимает первое место в мире.

В России много водохранилищ на Ангаре, Волге, Енисее. Есть крупные водные объекты на Дону, Оби и других реках. Канал им. Москвы позволяет использовать воды Волги для водоснабжения Москвы, Невинномысский канал направляет часть вод Кубани на орошение маловодных районов Ставрополя.

Недавно принятые Госдумой «Лесной кодекс» и «Водный кодекс» послужат законодательной базой для совершенствования природопользования в сфере лесных и водных ресурсов.

Издание подготовлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования.

ГЛАВА 1. ЛЕСА ЗЕМЛИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ

Лес – это совокупность древесных, кустарниковых, травянистых растений, животных, микроорганизмов, симбиотических и паразитических организмов в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду. Лесные сообщества формируются под непосредственным влиянием физико-географических условий мест произрастания. В свою очередь леса оказывают разнообразное воздействие на природные комплексы и на биосферу в целом. От состояния лесов во многом зависят сохранение и функционирование эко- и геосистем. Поэтому охрана лесов имеет первостепенное значение при решении многих вопросов оптимизации природопользования.

1.1. Биосферные функции леса

Растения занимают центральное место в глобальном круговороте веществ и энергии. В процессе фотосинтеза они преобразуют лучистую энергию Солнца в энергию химических связей органических веществ. Ежегодный синтез биомассы на Земле

достигает 150 млрд т. В свою очередь растения служат пищей (источником энергии) для всех остальных организмов.

При фотосинтезе каждый год ассимилируется около 300 млрд т диоксида углерода (CO_2) и выделяется 200 млрд т свободного кислорода. Благодаря деятельности растений сформировались содержащая кислород атмосфера и озоновый экран, защищающий живые организмы от губительного влияния ультрафиолетовой радиации Солнца. В наши дни растения в значительной мере компенсируют потери кислорода, во все большей степени расходуемого в технических процессах и при сжигании топлива (Родзевич, 2003).

Из всех имеющихся на земном шаре типов растительного покрова наибольшее значение принадлежит лесам. Общие запасы растительной массы в лесах составляют 82% от всей фитомассы Земли. Они ежегодно связывают 56% энергии всех фитоценозов, синтезируют 2/3 органической массы, образующейся на суше.

Водоохранная роль лесов. Лес оказывает прямое влияние на гидрологический режим рек: величину испарения, поверхностного и внутреннего стоков, в целом на водный баланс. В лесу почвы более влагоемки, выше их инфильтрация. Поэтому значительная часть поверхностного стока здесь переходит во внутригрунтовой. Зимой под пологом деревьев и кустарников скапливается снег, в то время как с безлесных пространств снег сдувается в овраги, балки и долины. В лесу меньше скорость ветра, ниже температура воздуха и, следовательно, менее интенсивное испарение. Рыхлая лесная подстилка и мхи обладают большой влагоемкостью. Летом они также препятствуют испарению влаги из почвы. По всем этим причинам запасы грунтовых вод под лесами больше, чем в безлесной местности.

В лесных районах грунтовые воды равномерно питают реки и ручьи в течение всего года. Поэтому сток лесных рек оказывается в значительной мере зарегулированным. Между лесистостью и величиной поверхностного стока вод существует прямая связь. Так, в центре Восточно-Европейской равнины на безлесной площади поверхностный сток составляет 65% от годовой суммы осадков. При лесистости, равной 20%, он уменьшается до 14%. При полной залесённости территории поверхно-

стный сток не превышает 5%. Таким образом, леса выполняют роль своеобразных водохранилищ. Исходя из водоохранного значения лесов оптимальная лесистость на равнинах должна составлять 25-30%, а в горных районах – 35-50%.

На лесосведенных площадях преобладает поверхностный сток. Поэтому вырубка лесов, как правило, сопровождается увеличением половодий на реках, подъемом их уровней. Грандиозные наводнения в бассейне Хуанхэ, катастрофические разливы Миссисипи, Вислы и многих других рек в значительной степени связаны с обезлесением их водосборов. При уничтожении лесов сокращается грунтовое питание рек, что приводит к снижению их меженного уровня. Таким образом, леса в значительной степени регулируют сток рек. Для того чтобы эта их функция проявлялась с максимальной эффективностью, они должны располагаться равномерно по всему водосборному бассейну.

Почвозащитная роль лесов. Уменьшая поверхностный сток, леса препятствуют смыву и размыву почвы и грунтов талыми и дождевыми водами, выступают в роли важного почвозащитного фактора. Так, наблюдения в лесостепи показали, что слой почвы мощностью 18 см *под паром* смывается на поле за 15 лет, *под луговым разнотравьем* – за 3 тыс. лет, а *под лесом* – за многие тысячелетия. Сведение лесов сопровождается резким усилением процессов почвенного смыва. Так, смыв почв под влажными тропическими лесами на равнинах составляет 0,2-10 т/га в год, на плантациях древесных культур – 20-160, а на пашне достигает 1200 т/га. В ряде районов тропиков на месте лесов в результате интенсивного смыва почв на месте сельскохозяйственных угодий образовались большие массивы бесплодных земель.

Лес надежно защищает почвы от дефляции, прочно закрепляя подвижные пески. В лесных районах почти не происходит заиливания рек, водохранилищ, прудов. Сведение лесов, наоборот, обостряет все эти процессы. Например, в Индии в результате уничтожения водоохранных лесов срок службы большинства водохранилищ сократился по причине заиливания на 50%.

Полезная роль леса. Леса защищают сельскохозяйственные угодья и урожай от неблагоприятных природных процессов. Пашни, окруженные лесами, имеют более благоприят-

ные для земледелия микроклиматические условия – меньшую амплитуду температур и скорость ветра, более высокую относительную влажность воздуха, более слабый турбулентный теплообмен. Все это приводит к снижению непродуктивного испарения, смягчению влияния холодных ветров и суховеев, к увеличению запасов продуктивной влаги в почве и в конечном счете – к более высоким урожаям. На полях, окруженных лесами, урожаи более устойчивы и в меньшей степени подвержены влиянию погодных колебаний. Полезащитные и почвозащитные функции лесов выполняют в определенной степени лесные полосы, посаженные вокруг оврагов и балок, по границам полей, на перегибах склонов. Густая сеть лесных полос создает условия, благоприятные для получения более высоких и устойчивых урожаев.

Воздухоохранное значение лесов. Состав атмосферы в целом, а также состав приземных слоев воздуха конкретных географических регионов в значительной степени определяются деятельностью лесов. В настоящее время установлено, что увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере есть результат не только сжигания топлива, но и смены лесов менее продуктивными фитоценозами – лугами, пастбищами, посевами, садами и т. п. Например, в умеренных широтах естественная растительность лугов и болот поглощает значительно меньше диоксида углерода и производит меньше кислорода, чем естественные леса на аналогичной площади. В результате вырубок коренные типы лесов сменяются производными. Это также в какой-то степени отражается на газовом балансе атмосферы. Леса I класса бонитета выделяют в умеренном поясе приблизительно вдвое больше кислорода и поглощают в 1,5 раза больше углекислого газа по сравнению с лесами IV класса бонитета (Бонитет леса – показатель продуктивности древостоя: I класс характеризует древостой высшей продуктивности, V класс – низшей). Леса оказывают воздействие на газовый состав атмосферного воздуха, особенно на его приземные слои. Один гектар смешанного леса центра Русской равнины в день поглощает 280 кг диоксида углерода и выделяет 220 кг кислорода. Очевидно, состав воздуха в лесистой местности будет несколько иным по сравнению с безлесной местностью, особенно при безветренной

погоде. Ландшафты, отличающиеся по характеру естественной и культурной растительности, по степени лесистости, в определенной мере различаются и по составу приземного воздуха. Это обстоятельство необходимо учитывать при планировании городов и поселков, проектировании зеленых зон и лесопарков.

Лес оказывает большое воздействие на уровень чистоты воздуха. В качестве гигантских фильтров леса очищают воздух от пыли и микроорганизмов: 1 га дубовых насаждений отфильтровывает своими кронами 54 т пыли в год, сосняка – 35, ельника – 32 т. Деревья очищают воздух и от вредных газов. Например, сернистый газ активно поглощается тополем, окислы азота – можжевельником и туей. Лесонасаждения способствуют также снижению уровня радиоактивного загрязнения. Фитонциды лесов губительны для болезнетворных микроорганизмов и поэтому в воздухе лесов микроорганизмов намного меньше, чем над безлесной территорией.

Климатоохранное значение лесов. Лес оказывает значительное влияние как на макро-, так и на микроклимат. Особенно велико воздействие на глобальные климатические процессы тропических лесов. Влажные тропические леса транспирируют в атмосферу огромное количество водяного пара. Поэтому по воздействию на климат их можно сравнить с Мировым океаном. Тропические леса поглощают около 25% углерода, поступающего в атмосферу вследствие сжигания современной растительности и топлива, созданного в прошлые геологические эпохи.

Многие территории современных пустынь имеют антропогенное происхождение, начало опустынивания было положено уничтожением лесов. Этой проблемы касались в своих работах Ф. Энгельс и другие ученые. Очень образно об этом сказал великий немецкий географ Александр фон Гумбольдт: «Человеку предшествуют леса – его сопровождают пустыни».

1.2. Лесные ресурсы биосферы

На земном шаре лесные площади занимают 28% всей площади суши. По данным А.И. Писаренко (1989), Н.А. Луганского, С.В. Залесова, В.А. Щавровского (1996), лесная площадь на Земном шаре составляет около 4 млрд га, на степи и луга

приходится 17%, пустыни и полярные области – 45%. Из лесной площади 3,0-3,8 млрд га покрыто лесом. Запас древесины в них составляет 336 млрд м³ (20-30 лет назад он составлял 360 млрд м³). Ежегодный прирост достигает 3,6 млрд м³, но в мире вырубается большие объемы, как следствие, площадь лесов на земном шаре постоянно сокращается. Только с 1947 по 1952 г. она уменьшилась на 22,4 млн га, а за последние 200 лет она стала меньше в два раза. Жалкая участь постигла тропические леса Бразилии. В результате массовой вырубке леса, повсюду уступающего место пастбищам, происходит заметное изменение климата на юге Бразилии, где теперь нередко опустошительные засухи.

Уже к началу XX в. в Англии осталось 5% лесов от бывшего количества, Испании, Франции, Бельгии – 10-20, Швеции, Финляндии и Швейцарии – 50%. Если в начале XX в. на душу населения Земли приходилось 3 га леса, то теперь эта доля снизилась до 0,67 га. В развивающихся странах из заготовленного количества древесины 82% идет на топливо и только 18% идет в дело, в развитых странах это соотношение обратное – 17:83 (Моисеев, Обливин, 1986).

В настоящее время представляется очевидным многоцелевое назначение леса. Он дает около 25 тыс. видов продукции, используемой практически во всех сферах человеческой деятельности. Кроме того, лес создает комфорт для жизни людей, активно защищает почву, воздух и воду от различных неблагоприятных воздействий. Л. Бауэр и Х. Вайничке сказали: «О степени культуры того или иного народа и его культурных достижений теперь судят не по тому, как сильно сокращает он площадь леса, а потому, как он поддерживает лес, заботится о нем и умножает его запасы». Известно, что единица площади леса дает больше органического вещества, чем пашня, а разрушение почв под лесом идет медленнее, чем под сельскохозяйственными угодьями.

Около половины всех лесов сосредоточено в Европе, Северной Америке и Российской Федерации, из них 90% хвойных. Значительные площади лесов, имеющих глобальное значение, сохранились еще в бассейне р. Амазонки и прилегающих к нему территориях.

1.3. Леса России

Лесной фонд России – территории, занятые лесом, а также земли, предназначенные для выращивания леса и ведения лесного хозяйства. В составе лесного фонда различают площади – лесную и нелесную. К нелесной относят находящиеся в лесах участки угодий (пашни, сенокосы, пастбища, воды), площади особого назначения (дороги, просеки, канавы, усадьбы и пр.), неиспользуемые земли (болота, пески, овраги, крутые склоны). Общая площадь лесного фонда Российской Федерации составляет 1161,9 млн га, покрытая лесом площадь – 705,6 млн га (Лесной фонд, 1972).

Леса России размещены весьма неравномерно, что обусловлено большими различиями в природных условиях и условиях хозяйственного освоения земель. Лесистость в целом по стране (отношение покрытой лесом к общей площади составляла к концу XX в. 41,4%). Лесистость снижается, как правило, в направлении с севера на юг. В северных и сибирских таежных районах она достигает 60-76%, в центральных нечерноземных областях России уменьшается до 25-40%, в центральных черноземных областях составляет 7-15%. В сухих степях и полупустынях древесной и кустарниковой растительностью занято лишь 1-2% территории. На севере страны находятся огромные безлесные пространства тундры.

Большая часть лесов сосредоточена в азиатской части России (более 80% по площади и запасам древесины). Основные лесные районы страны – Сибирь и Дальний Восток. В связи с тем, что плотность населения во многих северных районах ниже, чем в южных, обеспеченность лесом в расчете на душу населения колеблется в еще больших пределах, чем лесистость: от 100 м² (некоторые районы Астраханской области) до 240 га (Якутия).

Породный состав лесов России отличается большим разнообразием: около 1000 видов деревьев и кустарников произрастают в различных географических зонах страны. Преобладают хвойные породы, основными из них являются лиственница, сосна, ель, кедр, пихта. Из твердолиственных пород распространены дуб, граб, клен, бук, ясень. В Сибири выделяют семь пород-

лесообразователей: сосна, береза, осина, кедр (сосна кедровая), лиственница, пихта, ель. На Дальнем Востоке при общем высоком видовом разнообразии встречаются орехоплодные: орех маньчжурский и орех айлантолистный. Мягколистные леса представлены березой, осиной, ольхой, липой, тополем, ивой и прочими древовидными породами: тальниками, многочисленными кустарниками.

Продуктивность лесов характеризуется общим запасом древесины на 1 га/м³ и приростом за год (м³). Наиболее продуктивные леса сосредоточены в некоторых горных районах Северного Кавказа, где запас древесины в спелых пихтово-еловых лесах доходит до 900 м³ и более на 1 га, а прирост за год – до 10 м³ на 1 га. Хорошей продуктивностью характеризуются леса центральных областей России, Алтая и Дальнего Востока. Ежегодный прирост древесины в лесах России составляет около 700 млн м³. Общий запас древесины к концу XX столетия составлял около 70 млрд м³ или 28-30% мировых запасов.

Леса, находящиеся в ведении Лесного агентства МПР России, по народнохозяйственному значению разделены на три группы. Режим рубок леса и порядок ведения лесного хозяйства установлены по этим группам.

Первая группа – леса, имеющие защитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое значение, в том числе зеленые зоны вокруг городов, промышленных центров и других населенных пунктов поле- и почвозащитные, курортные леса, лесные полосы вдоль рек, вокруг озер и других водоемов, защитные лесные полосы вдоль железных и шоссейных дорог, орехопромысловые зоны, ленточные боры Западной Сибири, защитные полосы при-тундровых лесов, леса заповедников. Здесь разрешаются только рубки ухода и санитарные; промышленная заготовка древесины проводится в виде т. н. лесовосстановительных рубок в ограниченных размерах.

Вторая группа – леса одновременно эксплуатационного и водоохранного значений в густонаселенных центральных районах страны; промышленная заготовка древесины проводится в пределах установленных норм лесопользования в соответствии с расчетными лесосеками.

Третья – все остальные леса России, расположенные в основном в многолесных районах: север Европейской части РФ, Урал, Сибирь и Дальний Восток; здесь заготавливается большая часть древесины для нужд народного хозяйства и экспорта.

Леса, расположенные на территориях сельскохозяйственных предприятий (сельские леса) и в ведении муниципальных органов, делятся на две группы, соответствующие 1-й и 2-й группам лесов государственного значения.

В Европейской части РФ, в ряде районов Урала, зонах промышленной эксплуатации лесов Сибири проведено наземное лесоустройство на общей площади 442 млн га. Остальные леса, преимущественно в отдельных районах Сибири и Дальнего Востока, обследованы менее точно – аэрометодами. В лесах России преобладают спелые и перестойные древостои. Возрастная структура лесов в целом по стране выглядит следующим образом: молодняки – 10%; средневозрастные – 14; приспевающие – 10, спелые и перестойные – 66%. Возрастная структура неодинакова по районам. На Дальнем Востоке спелые и перестойные леса составляют 65%, в Сибири – 67%. В то же время в центральных малолесных областях России спелые древостои занимают лишь 3-10% общей площади лесов. Около 40% спелых и перестойных лесов находятся в неосвоенных отдаленных районах Сибири и Дальнего Востока. Это так называемые резервные леса.

Главный продукт леса – древесина. Большое значение для народного хозяйства и населения имеют побочные пользования в лесах. В гослесфонде выделено около 9 млн га пастбищных угодий. Особенно их много на Дальнем Востоке (оленьи пастбища). Примерно 6 млн га площади лесного фонда используется в качестве сенокосов. Заготавливают грибы, ягоды, орехи, лекарственные растения и др. По ориентировочным данным, средний ежегодный урожай грибов составляет свыше 0,5 млн т, дикорастущих плодов и ягод – 1, орехов – 1,5 млн т. Кедр как продуцент начинает пищевую цепь для 70 видов млекопитающих, 40 видов птиц и огромного количества других видов живых организмов. В начале XX в. в Алтайской губернии (входила и Восточно-Казахстанская область) заготавливали 4000 т орехов в год, в настоящее время в Республике Алтай и Алтайском крае – только 1/5 часть – 800 т. Используется лишь незначительная часть этих

богатств. В лесах России обитают ценные пушные звери: со-
боль, куница, колонок, хорь, горноста́й, белка, лисица, заяц и
др.; копытные: лось, марал, олень благородный, косуля, кабан;
боровые птицы: глухарь, тетерев, рябчик, белая куропатка и др.
Охотничий промысел – существенный источник валютных до-
ходов государства.

С сентября 2004 г. управление государственным лесным
фондом осуществляется Федеральным агентством лесного хо-
зяйства РФ, входящим в Министерство природных ресурсов РФ,
Агентствами лесного хозяйства краев и областей на местах.

1.4. Леса Алтайского края

Производственная структура и районирование. В на-
стоящее время в крае на площади 4381 тыс. га действует 38 лес-
хозов, а также Бийский лесхоз-техникум, в структуре которых
есть лесничества, мастерские участки и обходы. Основные зада-
чи по управлению государственным лесным фондам – учет ле-
сов и проведение лесоустройства, организация правильного хо-
зяйства в лесах, отпуск леса для народнохозяйственных
потребностей и населения, охрана лесов от пожаров, защита их
от вредных насекомых и болезней, организация своевременного
воспроизводства лесов и повышение их продуктивности, кон-
троль за рациональным использованием лесных ресурсов всеми
организациями. Есть специальная служба лесной охраны. Суще-
ствуют также станция защиты леса и семенная станция, которые
непосредственно подчинены Федеральному агентству лесного
хозяйства МПР (Рослесхоз).

В соответствии с экономическим, экологическим, соци-
альным значением, местоположением и выполняемыми функ-
циями лесной фонд Алтайского края разделяют на три группы
лесов: первая группа составляет 67%, вторая – 19, третья группа
– 14%. По особенностям лесорастительных и экономических
условий, интенсивности ведения лесного хозяйства, роли и зна-
чения лесов лесной фонд подразделяется на четыре лесохозяй-
ственных района: Ленточно-боровой почвозащитный – 32%;
Приобский водоохранный – 24; Салаирский низкогорный – 17;
Алтайский низкогорно-среднегорный, таежные леса – 27%.

Ленточно-боровой почвозащитный район. Здесь расположены уникальные ленточные боры, которые узкими длинными лентами протянулись с северо-востока на юго-запад, через всю Кулундинскую степь и две государственные лесополосы. Общая площадь ленточных боров составляет 1124,8 тыс. га, в т.ч. покрытые лесной растительностью – 831,8 тыс. га. Все леса ленточных боров с 1 января 1995 г. отнесены к категории защитности «особо ценные лесные массивы». За период с 1952 по 1971 гг. созданы две государственные лесные полосы общей протяженностью 527 км, суммарная площадь их составляет 12,9 тыс. га. Ведение лесного хозяйства в районе осуществляется 19 лесхозами.

Приобский водоохранный район. Сюда входят леса, расположенные по правому берегу р. Оби и ее притоков рек Бии и Катунь. Площадь лесов составляет 839,6 тыс. га, покрытые лесной растительностью – 681,5 тыс. га. Все леса Приобья отнесены к первой группе. Ведение лесного хозяйства осуществляется девятью лесхозами и Бийским лесхозом-техникумом.

Салаирской низкогорный район. Представлен осино-березовыми и пихтовыми насаждениями по низкогорному Салаирскому кряжу и лесными колками в прилегающей лесостепи. Общая площадь лесов составляет 583,5 тыс. га, покрытые лесной растительностью – 547,9 тыс. га. Ведение лесного хозяйства осуществляется четырьмя лесхозами.

Алтайский среднегорный район включает в себя предгорья, среднегорья Алтайского края. Общая площадь лесов – 887,3 тыс. га, в т.ч. покрытые лесной растительностью – 639,8 тыс. га. Ведение лесного хозяйства осуществляется семью лесхозами.

Распределение площадей по группам возраста неравномерно для всех преобладающих пород, что создает определенные трудности в ведении лесного хозяйства края. В сосновой хозяйственной секции преобладают средневозрастные насаждения. В пихтовой, березовой и осиновой секциях очень малое количество молодняков при значительном количестве спелой древесины, что способствует накоплению в дальнейшем перестойных, с повышением фауности, насаждений.

Лесистость Алтайского края составляет 20,6%. Общая площадь лесного фонда составляет 4381 тыс. га, в том числе покрытая лесом – 3578 тыс. га (Семенов, 2004). Леса края, как и леса России, по хозяйственному, экологическому и социальному значению подразделяются на три группы, каждая из которых имеет особые функции и направления. Наибольшее значение имеют леса первой группы (67% площади). Эти леса выполняют особые почвозащитные, водоохранные, водорегулирующие функции. Они расположены в густонаселенных районах края и наиболее освоены. Леса второй группы занимают 19%, третьей группы – 14% площади лесного фонда. Леса третьей группы находятся в наиболее удаленных и труднодоступных районах края, в Салаирском крае и среднегорье Алтая (табл. 1.4.1).

Таблица 1.4.1

Распределение лесов Алтайского края по группам
(Семенов, 2004)

Группа лесов	Общая площадь, тыс. га	В т.ч. лесопокрытая, тыс. га	Леса Министерства природных ресурсов РФ	
			общая площадь	в т.ч. лесопокр.
I	2938	2325	2320	1765
II	818	744	530	462
III	625	509	585	474
Итого	4381	3578	3435	2701

Состояние лесных ресурсов в Алтайском крае в целом соответствует положению по Российской Федерации.

Наибольшее значение для края имеют леса, находящиеся в ведении Министерства природных ресурсов РФ. Здесь сосредоточено до 80% лесного фонда. Около 20% лесного фонда находится в ведении Министерства сельского хозяйства и располагаются на землях различных сельхозформирований неодинаковых форм собственности. Лесное хозяйство в них ведут лесхозы объединения «Алтайагролес». Менее 1% лесного фонда закреплены за другими ведомствами, в т.ч. за городами в качестве городских лесов.

Ресурсы древесины. В Алтайском крае, по данным Агентства лесного хозяйства, общие запасы древесины на корню на 01.01.1988 г. составляли 300,0 млн м³, в т.ч. хвойных пород – 200 млн м³; на 01.01.2000 г. оценивались в 400 млн м³, хвойных пород – 200 млн м³. По данным И.И. Семенова (2004 г.), запасы древесины на корню составили 414,8 млн м³, в т.ч. хвойных пород – 269,3 млн м³.

Преобладающими породами в лесном фонде Агентства лесного хозяйства по Алтайскому краю являются хвойные (53%), мягколиственные (45%), твердолиственные (около 2%). Средний возраст насаждений составляет 65 лет, в т.ч. хвойных – 81 и лиственных – 46 лет. Распределение площадей основных лесообразующих пород по группам возраста: молодняки занимают 373,6 тыс. га; средневозрастные – 1050,8; приспевающие – 467,1; спелые – 611,5 и перестойные – 197,7 тыс. га. Средний годовой прирост достигает 6,7 млн м³, из которых на долю хвойных приходится 3,4 млн м³ и лиственных – 3,3 млн м³. Расчетная лесосека осваивается только на 15-17%, в т.ч. по хвойному хозяйству – 17-20%. В результате происходит накопление спелых и перестойных насаждений, снижается их товарность, возрастают захламленность и пожарная опасность.

Доходная часть лесохозяйственного комплекса. Доходная часть состоит из рубок ухода, санитарных рубок, отпуска леса на корню, деятельности вспомогательного производства, аренды лесных земель для сенокошения, пастьбы скота, сбора и переработки грибов, ягод, пищевых трав, рыбоводства и рыболовства и других составляющих.

Рубки ухода и санитарные рубки. В первые годы жизни более густые молодые насаждения успешно борются с травянистой сорной растительностью, идет очищение стволов от сучьев. С 15-20-летнего возраста начинает проявляться дифференциация стволов, часть из них отстаёт в росте и постепенно отмирает. С этого времени начинаются рубки ухода: в молодняках – осветление и прочистка, в жердняках – прореживание, в средневозрастных насаждениях – проходные рубки.

В 1960-1990 гг. рубки ухода и санитарные рубки осуществлялись в одинаковых объемах и составляли от 604 до 619 тыс. м³. В 2000 г. объемы рубок ухода и санитарных рубок вы-

росли до 804 тыс. м³, в 2002 г. – до 1276 тыс. м³. По ленточно-боровому району они увеличились до 127%, по остальным лесохозяйственным районам снизились на 20-30%.

Отпуск леса на корню. Проводимое лесоустройство определяет оптимальные размеры отпуска леса на корню. Их соблюдение обеспечивает непрерывность лесопользования. Динамика объемов отпуска леса на корню выглядит по годам как процесс, отражающий состояние лесного хозяйства края: 1960 г. – 2521,1 тыс. м³; 1970 г. – 2524,0; 1980 г. – 2509,4; 1990 г. – 2592; 1995 г. – 1226,4; 2000 г. – 1640,4 тыс. м³ (Семенов, 2004).

Отпуск древесины по всем видам рубок в 1999 г. составил: лесхозы – 53,6%, промышленные предприятия и организации – 19,3; сельскохозяйственные формирования и фермерские хозяйства – 70; школы, больницы и непромышленные учреждения – 3,2; местное население – 16,9%. К 2002 г. наблюдается увеличение объемов сплошных рубок.

Вспомогательное производство. В период 1975-1985 гг. широко выпускалась такая продукция, как пихтовое масло, хвойно-каротиновая мука. В целом вспомогательные производства в 1998-2000 гг. переработали 1626,9 м³, выпустили более миллиона куб. м пиломатериалов. В 2003 г. выпущено товарной продукции на 579,8 млн руб., что составляет 223,8% в сравнении с 2001 г.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите биосферные функции леса.
2. Где сосредоточены основные лесные ресурсы на планете Земля, назовите закономерности их изменения по географическим областям и странам?
3. Покажите особенности многоцелевого использования леса в зависимости от экономического развития стран.
4. Что такое лесной фонд, лесные и нелесные площади?
5. Назовите три важнейшие экологические группы лесов РФ и покажите особенности их использования.
6. Покажите особенности лесных ресурсов Алтайского края.
7. Из каких составляющих складывается доходная часть лесного комплекса Алтайского края?

ГЛАВА 2. ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫЕ ПОРОДЫ, УСЛОВИЯ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Здесь рассмотрены три жизненных формы родственных растительных организмов.

Деревья – многолетние растения с одревесневевшими стеблями и корнями, с выраженным главным стволом, сохраняющимся всю жизнь и несущим крону, образуемую ветвями. Деревья могут достигать 100-метровой высоты и более. Они составляют основные древесные ресурсы лесов.

Кустарники – жизненная форма многолетних деревянистых растений, характеризующаяся многими скелетными осями-стволами, не достигающими значительной высоты (обычно до 6 м). Ресурсное значение кустарников ниже, чем деревьев, однако средообразующая роль их огромна, которую нельзя переоценить.

Кустарники имеют несколько одревесневающих осей с длительностью жизни каждой оси 5-10 лет и высотой до 60-80 см; нередко кустарнички – сменяющиеся растения.

Древесинные породы классифицируются по признаку рода и вида, биологическим свойствам, морфолого-систематическому признаку, высоте, форме роста и наличию главного стебля, максимальной долговечности, скорости роста, отношению к свету, влаге и теплу, требовательности к плодородию почв, способности заселять безлесные места и хозяйственному значению.

По морфолого-систематическому признаку древесные породы делятся на хвойные (сосна, ель, лиственница, пихта и др.) и лиственные (дуб, береза, липа, осина и др.).

2.1. Хвойные древесные породы

Хвойные породы – деревья и кустарники, преимущественно вечнозеленые, с игловидными, чешуйчатыми или линейными листьями. Они являются лесообразующими древесными породами, т.е. породами, способными образовывать сомкнутые древостои. Класс хвойных включает в себя семейство сосновых, которое имеет широкое распространение в России. Основной же

структурой и ботанической единицей является вид. К семейству сосновых относятся лиственница, сосна, ель, пихта и кедр, которые имеют наибольшее экономическое значение.

Род лиственница (*Larix*) объединяет около 40 видов, которые представлены крупными деревьями до 50 м, широко распространена от р. Онеги до Охотского моря. Лиственница сибирская (*Larix sibirica*) имеет хвою, сидящую на ветвях в виде пучков по 20-40 хвоинок. Хвоя мелкая, мягкая, осенью опадает. Цветет лиственница ранней весной вместе с появлением хвои. Семена, заключенные в шишках, созревают осенью и имеют крылышки.

Лиственница является одной из лесообразующих пород, формирует светлохвойные леса. Древесина широко применяется во многих сферах хозяйства. Лиственница довольно устойчива против загрязнения атмосферы пылью, промышленными газами и широко применяется при озеленении поселений. Она широко используется при создании защитных лесных полос в степных и лесостепных зонах Западной Сибири.

Род сосна (*Pinus*) насчитывает около 100 вечнозеленых видов деревьев и стелющихся кустарников, из которых 12 видов деревьев произрастают в Российской Федерации. Наибольшее значение имеет сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). Высота ствола достигает 45 м, толщина – до 1 м. Крона высоко поднятая. Хвоя держится в среднем три года, затем опадает. Как и лиственница, сосна относится к светлохвойным лесам. Древесина прочна и устойчива против биологических повреждений и физических нагрузок, широко применяется в хозяйстве. Трудно назвать отрасль, где не применяется сосна. Сосна дает живицу, а ее пни – скипидар и деготь. В коре сосны содержатся дубильные вещества, которые используются в кожевенной промышленности, а в хвое – витамин С, каротин, повышающий яйценоскость кур.

Сосновые леса имеют большое биосферно-защитное значение, выполняют огромную почвозащитную, водоохранную, санитарно-гигиеническую роль. Сосновый лес – прекрасное место отдыха и туризма. Поэтому в сосновых лесах построены санатории, дома отдыха, различные детские учреждения. Сосна

широко применяется в полезащитном лесоразведении в степной и лесостепной зонах страны и Алтайского края.

Кедр сибирский – кедровая сосна (*Pinus sibirica*) – важнейшая лесная порода, растущая в Западной Сибири, Забайкалье, в горах Алтая, Саян, Урала и занимающая 6% от покрытой лесом площади. В Уссурийской тайге произрастает кедр корейский. Кедр – дерево крупное, достигает 40 м высоты и 1,5-2 м толщины. Кора кедра темная, крона густая, пышная. На побегах сидит длинная (6-13 см) мягкая хвоя, собранная в пучки по пять хвоинок. Хвоя держится на дереве 5-6 лет, а затем опадает. Кедр цветет в июне-июле, а семена в виде орешков созревают в августе следующего года. В ноябре все шишки опадают на землю. Кедр теневынослив, может расти при недостатке света, образуя темнохвойный лес вместе с теневыносливыми хвойными породами – елью и пихтой. Кедр страдает от опасного вредителя – насекомого шелкопряда.

Хозяйственное значение кедра довольно велико. Древесина его прочная и одновременно мягкая, красивой текстуры, ароматная, легко поддается обработке. Применяется в мебельном, столярном, музыкальном и карандашном производствах и др. Пищевое значение кедра огромно. Урожайность кедрового ореха может достигать 80-100 кг с одного дерева, орех используется как в сыром виде, так и для получения ценного масла, содержащего витамин В. Из одной тонны орехов получают 200 кг масла. Кедр дает живицу, из которой получают скипидар, канифоль, а из хвои вырабатывают эфирные масла (Набатов, 2002).

В кедровых лесах обитают пушные звери, например, белка, соболь, куница. Леса имеют водоохранное значение. Кедр находит применение в озеленении городов, создании парков и скверов.

Род ель (*Picea*) объединяет около 40 видов, среди которых 10 произрастают в лесах России. Ель занимает 12% от покрытой лесом территории. На европейской части России растет ель европейская, или обыкновенная (*Picea abies*), а в Сибири вплоть до Охотского моря – ель сибирская (*Picea obovata*). На Дальнем Востоке распространена ель аянская.

Ель – довольно крупное дерево, достигающее 50 м высоты и 1 м в диаметре. В среднем она живет до 300 лет, иногда до

500. Крона ели густая, пирамидальная, низко опускается по стволу. На побегах и ветвях поодиночке прикрепляются короткие колючие хвоинки, которые держатся 3-4 года, иногда до 8 лет. Цветет ель чаще всего в мае, а в октябре созревают семена, заключенные в шишки, длина достигает 10-15 см. В марте-апреле будущего года семена выпадают из шишек. Снабженные крылатками, они разносятся ветром до 10 км. Семена разносят клест, дятел, белка, другие птицы и животные. Ель теневынослива, влаголюбива (но не переносит застойные воды), сильно затеняет среду и понижает температуру, перехватывает кроной атмосферные осадки. Корневая система ели, как правило, поверхностная, что часто приводит ее к вывалу ветром. Весьма чувствительна к солнцепеку, воздушной засухе и повышенным температурам поверхности почвы.

Эта древесная порода имеет серьезное хозяйственное значение. Ее древесина более легкая, чем у сосны, – ценнейшее сырье для целлюлозно-бумажной промышленности, производства стройматериалов, мебели, музыкальных инструментов. В хвое содержится витамин С и эфирные масла. Посадки ели используются для строительства живых изгородей вдоль железных и шоссежных дорог, предотвращающих их занос снегом. Еловые леса являются приютом многих интересных зверей и птиц, в них растет большое количество грибов, ягод, лекарственных растений.

Род пихта (*Abies*) объединяет около 50 видов. Наиболее распространена пихта сибирская (*Abies sibirica*), которая живет до 250 лет. Произрастает на северо-востоке европейской части России, в Западной и частично Восточной Сибири. Высота растения достигает 30 м, толщина ствола – до 0,5-1,0 м, имеет одиночно расположенные хвоинки, которые держатся на ветвях 8-10 лет. Цветет пихта в мае, семена созревают в конце августа. Возобновляется пихта в основном семенами, но в отличие от других хвойных пород размножается и вегетативным путем.

Древесина пихты мягкая, благодаря этому ей находят хозяйственное применение. Вместе с тем из живицы добывают пихтовый бальзам, мелкие ветки и хвоя служат для получения пихтового масла и камфары. Пихта широко применяется в озеленении городских и сельских поселений.

2.2. Лиственные древесные породы

Лиственные породы – деревья и кустарники с пластинчатыми листьями, большей частью черешковыми. К отделу покрытосеменных относят два класса: двудольные и однодольные. Двудольные имеют пожизненно главный корень, однодольные имеют особенность – главный корень рано отмирает и успешно развиваются придаточные. Наибольшее значение имеет класс двудольных, так как он включает в себя большинство деревьев и кустарников. Среди двудольных самое большое лесоводственное и экономическое значение имеют семейства березовых (береза, ольха и др.), буковых (бук, дуб, каштан и др.), маслинных (ясень), кленовых (клен), липовых (липа).

Род береза (*Betula*) относится к мягколиственным породам, т.е. характеризуется невысокой плотностью древесины, и к мелколиственным породам – по признаку величины листа. К мелколиственным породам принято относить все виды березы, осины, ольху серую и черную.

Род березы включает в себя около 100 видов, среди которых наибольшее значение имеет береза повислая, или бородавчатая (*Betula pendula*), занимает более 10% покрытой лесной площади, произрастает в основном в европейской части России. Эта береза живет 120-150 лет, иногда до 200, имеет широкую область распространения, достигает 35 м высоты и толщины 0,9 м. Кора березы называется берестой.

По лесообразующему и хозяйственному значению на втором месте стоит береза пушистая (*Betula pubescens*), распространена в таежной зоне европейской части России, Западной и Средней Сибири. Эта береза весьма холодостойка, достигает высоты 25 м с диаметром ствола до 0,6 м.

Древесина березы в сухом состоянии тверда, упруга, применяется в фанерном и мебельном производстве, сельскохозяйственном машиностроении, для изготовления лыж, паркета, деревянных частей оружия, посуды, топорищ, сапожных колодок, веретена и др. Из карельской березы изготавливают дорогую мебель. При химической переработке древесины получают древесный уголь, продукты для получения лаков, формалина, смо-

лы, духов, сажи для типографской краски. Березовый сок содержит до 2% сахара, а почки находят применение в медицине.

Березовые леса – прекрасное место для рекреации, произрастания и сбора грибов, ягод и пищевых трав. Дерево находит широкое применение в почвозащитных и водоохраных, берегоукрепительных объектах и озеленении населенных пунктов. Береза – пионерное растение, цветет весной, а в конце лета ее семена созревают и разносятся ветром. Береза широко применяется при полезащитном лесоразведении в степной и лесостепной зонах Алтайского края.

Род ольха (*Alnus*) объединяет до 12 видов, встречающихся в России. Наибольшее значение имеет ольха черная: это крупное дерево до 30 м высотой и диаметром свыше 1 м, распространена преимущественно в европейской части России. Цветет ольха до появления листьев ранней весной, а ее плоды в шишечках созревают осенью и разносятся преимущественно водой. Хорошо возобновляется порослью от пня. Древесина мягкая, широко используется в столярном, токарном, целлюлозном производствах и других сферах.

Ольха серая (*Alnus incana*) достигает 20 м высоты, но часто растет кустовидно. Пионерная порода легко заселяет пашни, горы, вырубки. Живет 50-60 лет, накапливает азот, светолюбива, умеренно требовательна к влаге. Используется ольха серая в столярном, мебельном, токарном производстве. Ольха серая имеет большое агролесомелиоративное значение при закреплении оврагов, балок, берегов рек и т.д.

Род ива (*Salix*) насчитывает более 300 видов, распространенных в основном в Северном полушарии. Растут, как правило, по берегам водоемов, часто образуют заросли, переносят длительное затопление (ветла, верба, ракита, чернотал и др.). Применяются при закреплении вершин, стенок и дниц оврагов. Ивовые произрастают также в сухостепных и полупустынных условиях (шелюга).

В семейство ивовых (*Salicalis*) входит тополь, который объединяет более 100 видов. Наибольшее значение из рода тополей имеет осина, или тополь дрожащий (*Populus tremula*), которая повсеместно распространена на территории России и занимает 3% покрытой лесом площади. Осина живет до 150 лет и

представляет из себя крупное дерево высотой до 35 м и диаметром до 1 м, цветущее в начале мая до распускания листьев. Семена созревают быстро и в начале лета разносятся ветром (семена снабжены волосками). К климату осина не требовательна, светолюбива, обладает мощной корнеотпрысковой способностью, дает огромное количество молодых побегов, является пионерным растением, не переносит сухости почвы. Древесина осины белая, мягкая, незаменима при производстве спичек, используется для изготовления фанеры, бумаги, различных построек. Большая ценность осины проявляется при облесении оврагов, других не покрытых лесом земель, применяется в скверах и парках.

В семейство ивовых (*Salicis*) также входит тополь balsамический (*Populus balsamifera*), который является единственным в Евразии североамериканским реликтом на юго-востоке Чукотки. Широко применяется в полезащитном лесоразведении в Алтайском крае, в частности в двух государственных лесных полосах Кулундинской степи.

Род дуб (*Quercus*) включает в себя около 450 видов. Среди них наиболее известен дуб черешчатый (*Quercus robur*). Это крупное дерево с мощным стволом высотой до 50 м и диаметром 1,5 м. Дуб доживает до 1000 лет, цветет весной, а плоды созревают осенью и опадают. Дуб теплолюбив, страдает от заморозков, лучше всего растет в лесостепной и степной зонах европейской части России, засухоустойчив, ветроустойчив, светолюбив, стержневой корень достигает 5 м глубины. Для успешного роста и образования прямых стволов ему нужно сообщество из теневыносливых древесных пород и кустарников (дуб растет с открытой «головой» и в так называемой «шубе»). Дуб является одной из лесообразующих пород и относится наряду с буком, грабом, ясенем, кленом к твердолиственным древесным породам.

Древесина дуба обладает высокими техническими качествами, она с давних времен находила применение в судостроении, вагоностроении, авиастроении, столярном и мебельном производствах, производстве фанеры, паркета, лыж, шпал и т. п. Мореный черный дуб используют для изготовления шкатулок и других деревянных изделий. Дуб как продуцент служит началом

пищевой цепи для многих организмов. Велико значение дуба в почвозащитном лесоразведении черноземной зоны европейской части России и лесопарковом обустройстве территории.

Семейство маслинных (*Oleales*) объединяет до 600 видов. Для природопользования наибольшее значение имеет род ясень (*Fraxinus*) – 65 видов, а среди них – ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior*). Ясень – крупное дерево высотой до 40 м и диаметром до 1 м, цветет до распускания листьев в начале мая. Семена созревают к зиме и опадают. Живет 250 лет и более. Ясень растет в зоне широколиственных лесов и лесостепи, светолюбив, теплолюбив, требователен к почвам. Образует мощную корневую систему, возобновляется от пня, растет как примесь к дубу. Древесина крепкая, упругая, применяется в мебельной промышленности, сельскохозяйственном машиностроении, при производстве фанеры, лыж и других предметов домашнего обихода. Применяется в лесопарковом деле.

Род клен (*Acer*) содержит более 120 видов древесных и кустарниковых пород. Наибольшее значение в России имеет клен остролистный (*Acer platanoides*), достигающий 25 м высоты и 1 м диаметра, продолжительность жизни – 150-200 лет, произрастает в южной части тайги, лесостепной и степной зонах и в зоне смешанных лесов на Кавказе. Цветет клен в начале мая до распускания листьев, а в конце августа созревают плоды. Размножается семенами, порослью от пня и отводками. Древесина клена применяется в мебельном, токарном, столярном производствах, а также при изготовлении музыкальных инструментов. Клен находит применение в садово-парковом строительстве. Клен ясенелистный (*Acer negundo*) занимает значительные площади в полевых защитных лесных полосах Алтайского края. В Сибири широко распространен клен татарский (*Acer tataricum*).

Род липа (*Tilia*) включает в себя до 50 видов, относится к широколиственным породам. Липа мелколистная (*Tilia cordata*) представляет собой крупное дерево высотой до 22-27 м, диаметром до 1,5 м, доживает до 500-600 лет. Распространена в европейской части России, встречается в южной Сибири. Цветет липа очень поздно, летом, созревает в сентябре. Липа теневынослива, требовательна к почве, ветроустойчива. Древесина липы мягкая, хорошо поддается обработке и полировке. Применя-

ется для изготовления мебели, чертежных досок, музыкальных инструментов, токарных и других изделий. Цветы являются хорошим медоносом, применяются в медицине. Липа широко применяется в озеленении городов, устойчива против пыли и промышленных газов.

2.3. Классификация древесно-кустарниковых пород

Деревья и кустарники классифицируются по форме роста, высоте, скорости роста, сроку жизни, требовательности к плодородию почв, хозяйственному назначению.

По форме роста древесно-кустарниковые породы подразделяют на деревья, кустарники и кустарнички.

Деревья по высоте бывают 1-й величины – свыше 25 м (лиственница, ель, бук, кедр, ясень, липа, пихта, сосна, дуб); 2-й – от 15 до 25 м (ильм, ива белая, осина, береза, граб); 3-й – от 7 до 15 м (клен полевой, черемуха, рябина); низкие – 5-7 м (фисташка, произрастает в Крыму, республиках Средней Азии и Закавказья).

В лесах России встречаются фитоценозы, в которых можно различать до 5-6 надземных ярусов (по Шенникову, 1964), а именно:

I ярус, или верхний, в него входят деревья первой величины (сосна, ель, пихта, береза, дуб, ясень и др.);

II – состоит из деревьев второй величины (рябина, черемуха, груша и т.п.);

III – подлесок представлен кустарниками (лещина, бересклет, шиповник и т.д.);

IV – состоит из высоких кустарничков и высоких трав (багульник, голубика, вереск, лабазник вязолистный, герани, аконит и т. п.);

V – состоит из низких кустарничков и мелких трав (водяника, клюква, кисличка, майник, цирцея и др.);

VI – нижний ярус состоит из мхов, напочвенных лишайников, печеночников.

Кустарники – многолетние деревянистые растения, ветвящиеся, в отличие от дерева, у самой поверхности почвы и обычно не имеющие ясно выраженного главного ствола. Высота

кустарников от 10 см (полярные ивы) до 5 м. Кустарники бывают высокие – от 2,5 до 5 м (лещина, орешник, ольха серая), средние – от 1 до 2,5 м (багульник), полукустарники и кустарнички – до 0,5 м (брусника, черника).

В лесу кустарники образуют третий ярус, или подлесок. Существенную роль играют в образовании опушки леса, в степи и горах образуют самостоятельные заросли. Многие кустарники имеют пищевое (ягоды, орехи), техническое, лекарственное значение, используются в полезащитных, приовражных полосах, для живых изгородей, в зеленом строительстве городов и сельских поселений.

Срок жизни, или максимальная долговечность, древесных пород весьма различен. Продолжительность жизни кипариса и кедра ливанского составляет 2500 лет, дуба черешчатого – 1500, кедра сибирского (сосна кедровая) – 800, липы – 800, лиственницы – 600, сосны – 450, ильма – 400, ели и бука – 350, клена – 200, березы и граба – 150, осины – 100, ивы – 60, пород подлеска – до 35 лет.

По скорости роста различают быстрорастущие породы (тополь, береза повислая, лиственница сибирская), умеренного роста (сосна, ель, дуб, липа) и медленнорастущие (ель колючая, сосна горная).

По требовательности к свету древесные породы делят на светолюбивые (лиственница, береза, сосна), теневыносливые (ель, бук, пихта); по отношению к теплу – на более морозостойкие (лиственница, береза, кедр) и наименее морозостойкие (бук, каштан, тисс).

Древесные породы различают по требовательности к плодородию почв: требовательные (клен остролистный, бук, граб, пихта), средней требовательности (осина, лиственница сибирская, дуб черешчатый), малотребовательные (сосна обыкновенная, береза повислая, акация белая). Выделяют влаголюбивые, или гигрофиты (некоторые виды ольхи, тополя, ивы) и засухоустойчивые (лох, сосна обыкновенная). По способности заселять безлесные места породы делят на две группы: пионеры (береза, осина, ива) и основные лесообразователи (дуб, бук, пихта, сосна, ель).

При определенных условиях пионерным растением может быть и сосна.

По хозяйственному значению различают лесные, лесомелиоративные, декоративные и плодовые породы. В лесном хозяйстве выделяют главные породы, являющиеся основными объектами хозяйствования (сосна, ель, лиственница, дуб), второстепенные (клен, береза, осина), а также подлесочные.

В полезащитном лесоразведении древесные породы разделяют на главные (дуб, береза, сосна), сопутствующие (клен, липа, яблоня) и кустарники (жимолость, шиповник, смородина). При создании противоэрозионных насаждений используют вишню степную, иву, лох. Для закрепления песков высаживают сосну обыкновенную, акацию, дуб летний. В озеленении применяют породы с декоративными свойствами (липа, ель колючая, ива плакучая, сирень), санитарно-гигиенические (черемуха, жасмин, дуб, сосна, клен, береза), газоустойчивые (береза, дуб, тополь, липа, ель колючая). В плодоводстве породы делят на плодовые деревья (яблоня, груша) и ягодные кустарники (смородина, крыжовник, виноград), семечковые (яблоня, груша), косточковые (слива, вишня), а также орехоплодные (миндаль, орех манчжурский).

Взаимоотношения человека с лесными культурами основано на использовании адаптивных свойств пород, которые помогают не только иметь прямую продукцию леса, но и улучшать качество окружающей человека среды. В лесных экосистемах идет постоянная борьба за существование, имеет место высокая смертность, угнетенность значительной части деревьев, оставшихся в живых. Но влияние одних растений на другие далеко не всегда отрицательно (Мелехов, 1999). Есть и положительная сторона борьбы за существование. Это положительное влияние происходит в результате приспособления растений к совместному их обитанию в процессе эволюционного развития, обеспечивает сохранение видового разнообразия и повышение устойчивости экосистемы в целом.

2.4. Ассортимент рекомендуемых древесно-кустарниковых пород для создания лесоаграрных ландшафтов и зеленого строительства в Алтайском крае

Древесные породы для Кулундинской степи. В литературе и практике сложился ассортимент древесных и кустарниковых пород (Парамонов, Ишутин, Симоненко, 2003). К ним относятся: бархат амурский (*Phellodendron amurense*), береза повислая (*Betula pubescens*), вяз обыкновенный (*Ulmus vulgare*), вяз приземистый (*Ulmus schcabra*), ель сибирская (*Picea obovata*), клен ясенелистный (*Acer negundo*), клен татарский (*Acer tataricum*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), тополь ленинградский (*Populus leningradensis*), тополь целиноградский (*Populus zelinogradensis*), черемуха обыкновенная (*Padus avium*), черемуха виргинская (*Padus wirginensis*), черемуха маака (*Padus maaca*), яблоня сибирская (*Malus sibirica*).

Кустарники для Кулундинской степи. Их рекомендуют известные алтайские лесоводы (Парамонов, Ишутин, Симоненко, 2003). К ним относятся: боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*), барбарис красно-пурпуровый (*Berberis sangvine*), дрок красильный (*Genista tinctoria*), жестер слабительный (*Rhamnus cathartica*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*), миндаль низкий (*Amygdalis nana*), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina*), облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia*), рябина черноплодная (*Sorbus aria*), ракитник удлинённый (*Cytisus latipholia*), смородина золотистая (*Ribes aureum*), сирень мохнатая (*Syringa pubescens*), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), сирень амурская (*Syringa amurensis*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*).

Древесно-кустарниковые породы для других районов Алтайского края. Большинство видов, рекомендованных для степной Кулунды, могут широко использоваться в Приалейской, Приобской и других природных зонах края. В связи с увеличе-

нием количества осадков, изрезанностью рельефа, укрупнением поселений и другими факторами необходимо добавить некоторые виды растений.

В зонах водной эрозии для противодействия овражной деятельности применяют осокорь, осину (тополь дрожащий), ветлу, вербу, иву древовидную и кустарниковую, шиповник. Для целей городского зеленого строительства используют липу, тополь белый, пирамидальный, канадский. В курортных зонах применяют дуб, орех манчжурский и другие породы.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое деревья, кустарники и кустарнички. Их общие и отличительные признаки.

2. Охарактеризуйте древесные породы родов лиственница, сосна, кедр сибирский по признакам высоты, долговечности и особенностей размножения.

3. Дайте характеристики ели и пихты, покажите их биологические особенности, сырьевое значение для различных отраслей промышленности, покажите ресурсную роль в создании средств медицины.

4. Покажите признаки и особенности лиственных древесных пород, их народнохозяйственное значение.

5. Дайте основы классификации древесно-кустарниковых пород по высоте, сроку жизни и скорости роста, требовательности к почве, увлажнению, пионерным признакам.

6. Какие древесно-кустарниковые породы необходимы для защитного лесоразведения и зеленого строительства в поселениях?

ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАВИЛА ЛЕСНОГО ДЕЛА, ОХРАНА ЛЕСОВ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИИ

Основные положения лесного дела и теоретических программ по проблеме лесопользования укладываются в общие принципы рационального природопользования. Методологической основой лесного дела является принцип структурности и иерархности. Здесь существует неразрывная связь между природными и антропогенными процессами. Последние осуществляются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

В отличие от аграрного сектора экономики здесь особые условия землеустройства, функционирования хозяйствующих субъектов, охраны ресурсов и окружающей среды. Здесь особые приемы размножения растительных организмов и их защиты от вредителей и болезней.

Структурному и функциональному признаку и значению в лесном деле выделяются ряд объектов и специальных мероприятий.

3.1. Лесоустройство

Считается, что в современных условиях лесное дело начинается с лесоустройства – комплекса съемочных и таксационных работ с последующей разработкой на их основе проектов организации и развития лесного хозяйства. Лесоустроительные работы начинаются фотолесоустроительными экспедициями, после чего производится конкретное лесоустройство территории. Объектами лесоустройства являются лесхоз, леспромхоз, лесопаркхоз, лесопитомник, государственный заповедник и другие предприятия и учреждения, имеющие лесные площади. Основа лесоустройства – планы и программы развития районов, съемочные и лесоинвентаризационные документы, аэрофотоснимки, топографические, почвенные карты и другие материалы, а также сведения о природных и экономических условиях районов лесоустройства. В проекте лесоустройства обосновываются хозяйственные составляющие, возрасты рубок и перио-

ды лесовосстановления, способы рубок леса, расчет и размеры лесопользования, способы выращивания лесных культур, лесозащита, мероприятия, направленные на повышение качественного состава лесов, повышение их продуктивности, экологической оптимизации и безопасности.

Началом лесостроительства в России принято считать 1840 г., когда было проведено устройство Лисинского учебного лесничества воспитанниками лесного института, образованного в 1803 г. в Петербурге (Байтин и др., 1961). Документы показывают, что подобные работы на Алтае начались значительно раньше в связи с принадлежностью рудников и лесов царской фамилии. Первые масштабные лесостроительные работы начались в 1883 г. и несмотря на отсутствие необходимых инструкций были выделены четыре лесорастительных района: Ленточно-боровая почвозащитный в 1896-1897 гг.; Приобский водоохраный в 1899-1911 гг.; Салаирский низкогорный в 1912-1913 гг.; Алтайский среднегорный в 1911-1913 гг. Первое советское лесостроительство проводилось в 1926-1936 гг., когда впервые были конкретно выделены леса, выполняющие почвозащитные функции. К защитным лесам была отнесена небольшая часть ленточных боров (18656 га).

По лесостроительству 1991-1996 гг. различные категории защитности лесов Алтайского края составляли (тыс. га): запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов – 261,6; запретные полосы лесов, защищающих нерестилища ценных промысловых рыб – 110,5; защитные полосы вдоль железных и автомобильных дорог – 14,9; особо ценные лесные массивы – 1122,0; государственные защитные полосы – 12,9; ленточные боры – 979,8; другие леса в лесостепных районах, имеющие важное значение для защиты окружающей среды – 676,7; лесопарковые части зеленых зон – 24,8; лесохозяйственные части зеленых зон – 49,0; леса 1-й и 2-й зон округов санитарной охраны курортов – 2,6; леса 3-й зоны округов санитарной охраны курортов – 12,7; городские леса – 0,7; памятники природы – 10,9; лесоплодовые насаждения – 5,4; леса 2-й группы эксплуатируемые – 538,0; леса 3-й группы эксплуатируемые – 644,3. Всего по всем категориям защитности площадь составляла на период лесостроительства 3387,0 га.

3.2. Лесосеменное хозяйство

Лесосеменное хозяйство – система мероприятий в лесном производстве, предусматривающая получение необходимого количества семян лесных древесно-кустарниковых пород с высокими посевными и наследственными качествами. Лесосеменное хозяйство включает в себя районирование заготовок и перевозок лесных семян. Процесс начинается с выделения постоянных и временных семенных участков, создания специализированных семенных плантаций из семенного и вегетативного потомства.

Семенные участки закладывают преимущественно в лесных насаждениях естественного происхождения, лучших по производительности, здоровых, с положительными лесоводческими свойствами. Временные семенные участки планируют в насаждениях хвойных пород, отводимых в рубку главного пользования; шишки заготавливают со срубленных деревьев.

Для создания специализированных семенных плантаций используют семенное потомство плюсовых (лучших) деревьев, отбираемых по фенотипу из числа наиболее производительных, здоровых, с хорошими формами ствола и кроны деревьев.

На каждой плантации высевают семена и высаживают сеянцы не менее 10 семей – потомков плюсовых деревьев. Семенные плантации закладывают посадочным материалом, полученным путем вегетативного размножения плюсовых деревьев. Черенки, взятые из кроны плюсовых деревьев, прививают на молодые низкорослые подвой; на каждой плантации должно быть 20-25 клонов отдельных плюсовых деревьев. Производством семян лесных древесно-кустарниковых пород занимаются лесхозы, лесничества и специализированные лесные хозяйства. Общий вид лесопитомника показан на рисунке 3.2.1.

В связи с началом массовых работ по защитному лесоразведению в послевоенные годы и необходимостью контроля за качеством лесных семян, их хранением и использованием в 1948 г. была создана Алтайская лесосеменная станция. При участии станции в 1966-1970 гг. было занесено в Государственный реестр 690 плюсовых деревьев, 150 га лесосеменных плантаций,

создано 3433 га генетических резерватов и заложены первые 321 га лесных культур, генетически проверенным материалом.

В настоящее время темпы лесовосстановления идут высокими темпами, а ежегодный сбор семян с плюсовых деревьев составляет: сосна – 50 кг, ель – 5 кг. В связи с этим сбор сосновых шишек разрешен и с деревьев при любых рубках. Поэтому для проведения лесовосстановительных мероприятий в крае ежегодно заготавливается до 4 т лесных семян. В лесхозах имеются высокопроизводительные комплексы для переработки лесосеменного сырья с шишкосушилками. Склады имеют холодильные установки для хранения семян, а резервный фонд семян сосны, ели, пихты хранится здесь в стеклянных бутылках.

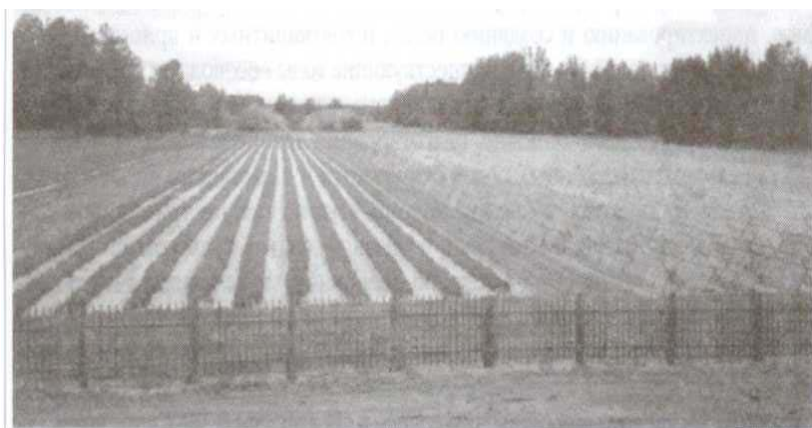


Рис. 3.2.1. Лесопитомник

В 2006 г. лесосеменное хозяйство Алтайского края представлено 38 действующими питомниками. Они находятся во всех лесохозяйственных районах. Из питомников посадочный материал идет на пополнение гослесфонда, озеленение городских и сельских поселений, создание защитных полос сельскохозяйственных полей, автомобильных и железных дорог. Из питомников ежегодно расселяется около 53 млн сеянцев. Этого достаточно, чтобы восстановить 7,2 тыс. га лесов и поддерживать современное состояние лесопокрытых площадей.

В питомниках основной культурой является сосна. В шести питомниках выращивается кедр. Для целей озеленения выращивают березу, рябину и другие древесные и кустарниковые породы. Есть серьезная необходимость выращивать ель, лиственницу, пихту. По информации соответствующих служб, наилучшие питомники функционируют в Степно-Михайловском, Ракитовском, Озеро-Кузнецовском лесхозах. В Озерском лесхозе уникальные насаждения – лесосеменные плантации сосны. Их особенностью является сбор шишки с деревьев, выращенных из элитных семян, полученных в различных районах края. Эти семена с лучшими наследственными свойствами посеяны в Степно-Михайловском, Панкрушихинском и Кулундинском лесхозах.

3.3. Лесхоз

Лесхоз – это предприятие лесного хозяйства в РФ, где функционируют службы комплексного природопользования на территории. Для удобства управления лесхоз делят на лесничества. Кроме того, в состав лесхоза могут входить питомники, цехи по производству товаров народного потребления из древесины и других естественных ресурсов леса. Лесхозы организуют рациональное неистощительное пользование лесом; повышают продуктивность лесов и улучшают их породный состав с помощью осушительных работ, рубок ухода, реконструкции малоценных насаждений и других мероприятий; занимаются возобновлением леса, облесением песков, эродированных и других земель. Лесхозы отпускают лес лесозаготовителям и осуществляют контроль за правильным его использованием; охраняют леса от пожаров, порубок и хищений; защищают их от вредных насекомых и болезней.

Лесхозы ведут лесозаготовки, организуют производство товаров народного потребления из древесины и наиболее полное использование всех продуктов побочного пользования в лесу (сенокосение, сбор грибов, ягод, лекарственных трав и др.). Лесхозы оказывают помощь сельскохозяйственным предприятиям, другим держателям леса и контролируют правильное его использование. Территория лесхоза занимает обычно от не-

скольких тысяч гектаров в малолесистых районах до сотен тысяч гектаров в лесистых и малонаселенных районах.

Примером может служить Павловский лесхоз Лесного агентства Алтайского края. Объект расположен в северо-западной части края. Администрация лесхоза находится в рабочем поселке Павловск. Территория лесхоза размещается в двух боровых лентах: Касмалинской и Барнаульской, тяготеющих к рекам с близкими названиями: Касмала и Барнаулка. Лесхоз расположен на территории трех административных районов: Павловского, Ребрихинского и Топчихинского, общей площадью 40311 га.

Лесхоз представлен четырьмя лесничествами: Павловское (центр лесничества в пос. Павловск), Клочковское (центр лесничества в с. Клочки), Рогозихинское (центр лесничества в с. Бурановка), Кольванское (центр лесничества в с. Кольванск).

Для определения перспектив развития лесхоза была разработана экономико-математическая модель развития производства (Семенов, 2004). Модель предусматривает:

- исключение возможностей и условий спада производства во вспомогательном производстве и формирования самофинансируемых отраслей;

- расширение финансовых источников для обновления и технического перевооружения производства преимущественно за счет собственных средств лесхоза;

- окончание процесса формирования высокотехниково-оруженных производств по переработке продукции побочного пользования;

- завершение работ по лесовосстановлению гарей в ленточных борах;

- значительное повышение реальных доходов и заработной платы работников лесхоза и лесничеств.

Продукция, производимая лесхозом в настоящее время, не имеет достаточной глубины переработки и не приносит лесхозу ощутимой прибыли, способной покрыть затраты на восстановление и охрану лесов. Для развития лесхоза на перспективу вводятся такие виды переработки древесины, как производство клееной продукции, оконные блоки, дверные блоки, плинтус, рейка облицовочная, рейка половая, опанелка, пиломатериалы

обрезные, пиломатериалы необрезные, хлорофилло-каротиновая паста и производство из отходов древесины тепловой и электрической энергии.

Территория лесхоза характеризуется высоким классом пожарной опасности, что обусловлено преобладанием в лесном фонде сосновых насаждений (61%), которые составляют разновозрастные насаждения, а также большой посещаемостью леса.

Охрана леса от пожара осуществляется силами лесной охраны и отнесена к зоне наземной охраны. Для ликвидации пожаров в лесхозе имеются три пожарно-химических станции (ПХС 1-го типа и один ПХС 2-го типа). Оснащенность ПХС пожарной техникой, оборудованием, инвентарем соответствует положению о ПХС 1-го типа. В лесхозе имеются и действуют шесть пожарно-наблюдательных вышек (ПНВ).

В лесхозе имеются 5 пожарных автомашин (одна – на базе ГАЗ-66 и четыре – на базе ЗИЛ-131 АРС-14). Дополнительно в трех лесничествах имеются прицепные емкости для перевозки воды. Лесхоз имеет 19 радиостанций (6 стационарных и 14 передвижных).

В 2004 г. лесхозом были сделаны новые минерализованные полосы длиной 112 км, затем за ними был проведен уход (1150 км). Все эти полосы ушли в зиму в чистом состоянии (Парамонов, Ишутин, 2005).

Ларичихинский лесхоз расположен в северной части Алтайского края, который в пределах Средне-Обского борового массива может служить примером типичного хозяйства. Он занимает площадь в 123,2 тыс. га. Сосновые насаждения произрастают на площади 68,8 тыс. га (55,7% покрытых лесом земель), а березовые насаждения занимают 38,4% площади. Среди березняков 31,5 тыс. га (25,3%) являются коренными типами леса, а 16,0 тыс. га – производными, возникшими в результате смены пород на вырубках в разнотравных типах леса.

Типологическая структура сосновых экосистем представлена в основном двумя группами типов леса: сосняки мшисто-ягодниковые (34,5% покрытых сосной земель) и разнотравные (19,2%).

В октябре 1997 г., в период сильной атмосферной засухи, в лесах лесхоза произошли крупные лесные пожары, которыми была охвачена площадь в 13,6 тыс. га.

Лесхоз ликвидировал тяжелые последствия пожаров и к сентябрю вышел на одно из первых мест в России. В Ларичихе запущен мощный комплекс по глубокой переработке древесины. В его составе три новые сушильные камеры с разовой загрузкой в 500 м³ сырья. Новое производство создает хорошие условия труда, позволяет значительно поднять товарность кубометра древесины, увеличить объем выпуска продукции при неистощительном использовании леса.

3.4. Лесопарковое хозяйство

Лесопарк – загородная лесная территория с элементами благоустройства, обычно расположенная в живописной местности и предназначенная для отдыха населения. Лесопарк является важной составляющей единой планировочной системы города и его пригородной зоны, объединенной вместе с городскими скверами, бульварами, садами и парками в зеленое хозяйство города. Размеры лесопарка колеблются от нескольких сот до 2-3 тыс. га (на каждые 1000 жителей для крупнейших и крупных городов выделяют 20 га, больших – 10, средних и небольших – 5 га). При строительстве лесопарка, осуществляемом по проектам, лесоводы и ландшафтные архитекторы учитывают особенности лесных массивов. При этом улучшают природный ландшафт: проводят реконструкцию насаждений (их свойства, структуру, размещение на территории), лесомелиоративные работы, создают новые и ремонтируют старые водоемы, строят дорожно-тропиночную сеть, оборудуют место для отдыха т. п. В зависимости от наличия природных достопримечательностей, водоемов, исторических памятников в лесопарке развивают ту или иную форму отдыха: водный спорт, туризм, экскурсионное дело.

Лесопарки могут стать музеями (Пушкинские горы), заповедниками и т.п. В Российской Федерации лесопарковое строительство начато в 1936 г. под Москвой и Санкт-Петербургом, позднее под Екатеринбургом и др. городами. К концу XX столетия площадь насаждений лесопаркового пояса Москвы превы-

шала 70 тыс. га, а Санкт-Петербурга – 150 тыс. га. Лучшими лесопарками являются Хлебниковский (около 2 тыс. га) и Яузский (1,8 тыс. га) под Москвой, Невский (около 0,6 тыс. га) под Санкт-Петербургом, Шарташский (около 0,8 тыс. га) под Екатеринбургом и другие важные объекты.

3.5. Охрана леса

Охрана леса – система мероприятий, обеспечивающих рациональное использование лесосырьевых ресурсов, восстановление леса, охрану его от уничтожения лесными пожарами, вредителями и болезнями, а также повышение продуктивности лесных насаждений, защиту от незаконных порубов. Охрану леса осуществляет Государственная лесная охрана России, в которую входят специалисты лесохозяйственных предприятий, управлений и отделов охраны леса краев, областей, республик, Министерство природных ресурсов.

В историческом плане катастрофическое уничтожение лесов и особо пагубные последствия в недалеком прошлом имело место в странах Западной Европы, США и Канады. В Европейской части России к 1914 г. было вырублено около 70 млн га лесов, при этом лесистость снизилась с 50 до 33%.

3.6. Лесные пожары

Лесные пожары – стихийное распространение огня в лесах. Главная причина возникновения лесных пожаров – неосторожное обращение с огнем в лесу. Лесные пожары не только вызывают большие потери древесины, но и уменьшают прирост деревьев, ухудшают состав лесов, усиливают ветровалы и буреломы, ведут к массовому распространению вредных насекомых и дереворазрушающих грибов, ухудшают почвенные условия.

В США с 1940 по 1950 гг. зарегистрировано 1824 тыс. лесных пожаров, каждый год уничтожалось 9-10 млн га леса.

В Алтайском крае за 1951-1998 гг. произошло 21105 лесных пожаров, а площадь, пройденная огнем, составила 244853 га. За последние 18-20 лет произошло резкое увеличение числа

пожаров, но площади отдельных пожаров не превышали 1-2 га (Парамонов, Ишутин, 1999).

Виды пожаров. Различают три основных вида лесных пожаров: низовые, или наземные, верховые и подземные, или торфяные. Наиболее распространены низовые пожары, при которых горит верхний покров почвы: лесная подстилка, лишайники, мхи и травы, лесной хлам, иногда подрост и подлесок. Пламя поднимается до 0,5-1 м и более. Температура достигает при горении живого растительного покрова 400°C, сучьев и прочих древесных остатков – 900°C. Скорость движения низового огня по ветру составляет 0,25-5 км/ч. При значительном скоплении горючего материала в лесах (их сильная захламленность, наличие хвойного подроста) и разновозрастности хвойного леса низовой лесной пожар может перейти в верховой, наиболее разрушительный и опасный охватывающий как верхний покров почвы и подрост, так и древостой (хвоя и листья, ветки и пр.). Скорость распространения верхового лесного пожара зависит от скорости ветра и достигает 5-25 км/ч. Температура пламени доходит до 900°C. При подземном пожаре горит торфяной слой и выгорают корни деревьев. Скорость распространения – от нескольких до десятков метров в сутки.

Лесные пожары могут быть беглыми и устойчивыми, переходить из одной формы в другую, иметь комбинированный характер. Вид лесных пожаров зависит и от типа насаждений: в сосновых молодняках чаще бывают верховые пожары, в спелых и перестойных сосняках и на сплошных вырубках и гарях – низовые. Лесные пожары могут быть однократного и многократного действия, приурочены к различным временам года. Весной возникают преимущественно низовые лесные пожары на лесосеках, гарях, редианах, в лиственных лесах т. д.; летом и осенью – низовые, подземные и верховые; зимой могут изредка проявляться только торфяные пожары.

Меры борьбы с лесными пожарами. Они включают в себя предупредительные и подготовительные мероприятия, дозорно-сторожевую охрану, непосредственное тушение огня и ликвидацию вредных последствий лесных пожаров.

Предупредительные и подготовительные мероприятия: противопожарная пропаганда; очистка лесной территории от

захламленности; устройство противопожарных полос; прорубка противопожарных разрывов, на которых убирают деревья и устраивают обнаженные от напочвенного покрова полосы.

Дозорно-сторожевая охрана осуществляется лесниками, патрулирующими по дорогам, сторожами с пожарных вышек, летчиками-наблюдателями, патрулирующими на самолетах и дельтапланах. Для обнаружения лесных пожаров разрабатываются и начинают внедряться новейшие радиотехнические средства – телевидение, тепlopеленгационная техника, установки, улавливающие инфракрасное излучение, и т.д.; в многолесных районах широко используются искусственные спутники Земли.

Для непосредственной борьбы с лесными пожарами применяют наземные средства и авиацию (самолеты и вертолеты, доставляющие к месту пожара парашютные команды и технику, гидросамолеты). Широко используют различное лесохозяйственное и противопожарное оборудование и инвентарь (плуги, зажигательные аппараты, насосы, опрыскиватели и пр.).

Низовой пожар, охватывающий небольшую площадь, забрасывают землей, тушат химическими веществами (моно- или диаммонийфосфат, фреоновые эмульсии, сульфат аммония и др.), водой, захлестывают ветвями. Основные силы направляют обычно на тушение пожара с фронтальной стороны. Против низового пожара, принявшего большие размеры и быстро распространяющегося, устраивают противопожарные заградительные полосы шириной 1-2 м. Их делают поперек движения пожара на таком расстоянии от него, чтобы огонь не успел подойти к полосе до окончания работы. На полосе вырубает подлесок, с почвы сдирают живой покров или обрабатывают его химическими веществами. В качестве заградительных полос можно использовать ручьи, увлажненные места, дороги, просеки, сырые осиновые и березовые насаждения. У такой полосы пожар останавливается и его нетрудно окончательно ликвидировать. С низовым пожаром можно бороться, отжигая навстречу пожару напочвенный покров.

Верховые лесные пожары задерживают на природных или искусственных противопожарных препятствиях – речках, ручьях, болотах, пожароустойчивых лесных насаждениях, дорогах, кварталных просеках, заранее созданных противопожарных

разрывах. Верховой пожар можно ликвидировать, пуская встречный огонь. В этом случае впереди пожара выбирают полосу в виде ручья, дороги, тропы, просеки. На стороне, обращенной к пожару, зажигают напочвенный покров одновременно по всей линии. При встрече двух огней большой вал пламени устремляется вверх, затем спадает, и пожар прекращается.

Подземные пожары окапывают канавами шириной 1 м и глубиной до минерального грунта или насыщенного водой слоя торфа. Торф выбрасывают из канавы в сторону пожара, грунт – в противоположную сторону. Необходимо следить, чтобы огонь не перешел через канаву или под канавой в глубь торфяника. Кроме того, подземные лесные пожары можно тушить, обрабатывая их мощными струями воды из мотопомпы. Так как тушение водой не всегда приводит к окончательной ликвидации пожара (сухой торф, подстилка плохо смачиваются водой), в воду добавляют поверхностно-активные вещества, например, сульфанол НП-1, повышающие смачивающую способность воды и раствора огнегасящих солей.

Ликвидация вредных последствий лесных пожаров заключается в скорейшем вовлечении в эксплуатацию поврежденных пожаром древостоев, в очистке захламленных гарей, превращении их в продуцирующие площади, в окольцовывании нетоварных гарей противопожарными полосами.

В Алтайском крае более 20 лет назад начала зарождаться и в настоящее время сформировалась стройная система прогнозирования, предупреждения, обнаружения, локализации и тушения лесных пожаров. Важным элементом в этой системе является обеспеченность лесхозов и большинства лесничеств пожарно-химическими комплексами, включающими в себя пожарно-химическую станцию, пожарно-наблюдательную вышку и работников с высокой профессиональной подготовкой и технической оснащенностью. Однако был период слабого снабжения системы техническими средствами.

По состоянию на 01.01.2001 г. в крае функционировало 142 пожарно-химических комплекса, 157 пожарно-наблюдательных вышек, 450 пожарных дружин. На их оснащении находится 205 пожарных автомобилей, 220 тракторов, 130 мотопомп, более 900 раций и др.

Природа верховых, крупных, быстротечных лесных пожаров, распространяемых со скоростью более 20 км в час, требует особого изучения и наработки опыта и практики в их предупреждении и ликвидации. За пожароопасный сезон с 1995 по 2000 гг. в лесах края было ликвидировано 7816 пожаров, в том числе 50 из категории крупных. Огнем была пройдена площадь 153585,8 га, средняя площадь одного лесного пожара составила 19,49 га. В весенний период произошло 28,3% пожаров, в летний – 36,4 и в осенний – 35,3%. По причине неосторожного обращения с огнем в лесу произошло 79,7% пожаров, от грозových разрядов – 16,1, сельхозпалов – 2,6%. Затраты по тушению лесных пожаров составили 23,9 млн руб.

Анализ деятельности работников лесной охраны по тушению лесных пожаров выявил три основные причины их распространения на большие площади: несвоевременное обнаружение, неиспользование в полной мере суточной динамики интенсивности горения и пренебрежение действенным окарауливанием локализованных пожаров.

Однако существенное значение имеет пожарная ситуация. Пожарной ситуации, подобной 1997 г., не наблюдалось в последние 100 лет. Например, количество пожаров в 1951 г. было 980, 1997 г. – 2639. В 1997 г. 34 пожара выходило из-под контроля. Всего уничтожено 120 тыс. га, 14 человек погибло, 16 домов (весь поселок Малая Речка), 12 тракторов, 5 тыс. м³ заготовленной древесины. За летний период (апрель – август) выпало 120 мм осадков. Проявились все три типа пожаров: верховые, низовые, подземные. Общий ущерб составил 500 млрд руб., затраты на пожаротушение – 16 млрд руб. После 1997 г. проведена определенная аналитическая и организационная, научно-исследовательская работа и работа по пропаганде лесного законодательства.

Причины лесных пожаров. Установлена 8-летняя цикличность максимумов и минимумов лесных пожаров. В течение 4 лет происходит нарастание пожарной опасности, а в последующее 4-летие – ее снижение. Это позволяет всем службам лесоохраны заблаговременно подготавливаться к борьбе с лесными пожарами.

Работники государственной лесной охраны за 1998-2000 гг. выявили 9596 нарушителей требований Правил пожарной безопасности в лесах, виновников в возникновении лесных пожаров оказалось 187 человек, составлено 2267 протоколов о нарушении основ лесного законодательства.

подавляющее число пожаров (481, или 78,6%) возникло по вине населения, тогда как от сельхозпалов возникло только 11, или 18%, пожаров, от сухих гроз случилось 110, или 18%, пожаров. Все это свидетельствует о недостаточной агитационно-просветительской работе среди населения.

Меры по предотвращению пожаров. Для успешной охраны лесов от пожаров необходимо активизировать разъяснительную работу среди населения и лесопользователей, а также строго следить за проведением огневых работ сельхозформированиями.

Администрацией края ежегодно утверждаются основные мероприятия по охране лесов, а также оперативные планы мобилизации сил и средств на тушение лесных пожаров для лесничеств, лесхозов и Агентства лесного хозяйства. Заключены соглашения о взаимодействии между Агентством лесного хозяйства, Управлением внутренних дел и Главным управлением по делам ГО и ЧС края.

Тем не менее охрана и защита леса являлись слабым местом в лесном хозяйстве в связи с недостаточным обеспечением работников лесной охраны автотранспортом, средствами связи, конной упряжью и оружием. Для повышения технической оснащенности лесного хозяйства за 2000 г. приобретено из воинских частей 4 автомобиля APC-14, 2 танка Т-50, переоборудованных для лесных пожаров, 50 воздуходувок, 12 импортных радиостанций. Для успешной охраны лесов от пожаров установлено 5 пожарно-наблюдательных вышек. В 2000 г. лесхозы агентства получили пожарные модули, 34 малых мотопомп, 1150 ранцевых огнетушителей, 404 радиостанции, 70 воинских автомобилей APC-14, которые с успехом используются для тушения лесных пожаров. В последующие годы произошло еще более существенное укрепление материально-технической базы пожаротушения.

3.7. Лесовосстановление

Прошедшие в 1997-2000 гг. по южным ленточным борам Алтай крупные лесные пожары уничтожили десятки тысяч гектаров уникальных лесных массивов. В связи с этим перед лесоводами встала задача – в кратчайшие сроки в течение 10 лет восстановить лес на 45100 га, в том числе за счет проведения мер содействия естественному возобновлению на площади 10300 га (Ишутин, 2004). Существуют технологии, которые учитывают экономические, экологические и социальные условия конкретной поврежденной пожаром территории. Приводим наиболее экономичную технологию (Черных, 2003).

Технология лесовосстановления. Весь комплекс работ, без последующего ухода за лесными культурами, включает в себя четыре операции.

Тросовый повал. Эту операцию целесообразно начинать через год после гибели древостоя, т.е. когда корневая система повреждена грибковыми болезнями и значительно ослаблена. Перед началом работ весь ликвидный древостой диаметром свыше 20 см убирается. За два гусеничных трактора ДТ-75 цепляется трос диаметром 24-28 мм и длиной 100 м. Трактора движутся параллельно друг другу на расстоянии 25-35 м. Усилием, передаваемым на трос, погибшие деревья выворачиваются с корнем и укладываются в одном направлении. Особенно эффективна данная технология при провале кулис лесных культур 30-50-летнего возраста. В естественных насаждениях перед началом работ подготавливают коридоры шириной 3 м для прохода тракторов. Перед началом движения помощник приподнимает трос на высоту 1,3-1,5 м. В зависимости от условий сменная выработка составляет от 10 до 20 га. Через 5-7 лет после пожара, как правило, уже нет необходимости в так называемом тросовом повале, так как к этому времени древостой под воздействием естественных причин, практически весь выпадает.

Сдвигание поваленных деревьев, или расчистка. Как показала практика, в почвенно-климатических условиях Ключевского лесхоза Алтайского края нет необходимости применять для этой цели дорогостоящую тяжелую технику. С этой задачей вполне справляется трактор ДТ-75. Для этой цели на бульдозер-

ную подвеску, либо просто на заднюю подвеску трактора, навешивается простейший бульдозерный нож. Для того чтобы нож не заглублялся в землю, к нему привариваются 5-7 клыков, нож скользит по поверхности почвы и при этом сохраняется до 96% самосева сосны. Данный агрегат можно одинаково эффективно использовать как в летний, так и в зимний период при глубине снега до 40 см. Погибший древостой сдвигается в параллельные валы, перпендикулярно господствующим ветрам через 50-60 м, которые оставляют для последующего перегнивания. Обязательным условием является оставление коридоров для последующего проезда противопожарной техники. Производительность одного трактора 1,5-3 га в смену.

Обработка почвы. На песчаных и супесчаных почвах с малой задернелостью, в условиях, когда существует реальная угроза передвижения песков, нет необходимости готовить почву плугом ПКЛ-70, а тем более проводить сплошную почвообработку. В этих условиях хорошие результаты получены при использовании уменьшенного плуга ПКЛ-70 в агрегате с трактором МТЗ-82. Глубина борозд при этом не превышает 20-25 см, ширина полосы между борозд – менее 1 м. Производительность агрегатов составляет от 5 до 7 га в смену.

Посадка лесных культур осуществляется как механизированным, так и ручным способом. При наличии благоприятных погодных условий (осадки и температура воздуха), как правило, различий в приживаемости сеянцев сосны при том и другом способах не наблюдается. На первом году жизни она соответственно равна 70,7 и 71,9%. Значительные объемы лесовосстановления, достигающие 1000 га, ежегодно требуют проведения их в сжатые (7-8 дней) агротехнологические сроки, что создает значительную напряженность и оперативность действий всех служб лесного предприятия.

Другие направления лесовосстановления. Известно, что ленточные боры являются естественной основой для создания в степях мощной системы защитных насаждений в борьбе с дефляцией почвы, включающей государственные защитные лесные полосы, почвозащитные и водорегулирующие насаждения (Ишутин, 2004).

Основным способом восстановления сосны при проведении рубок ухода, включая рубки обновления и переформирования, является сохранение подроста при проведении лесосечных работ, а при его отсутствии – применение мер содействия естественному возобновлению или создание подпологовых лесных культур.

Восстановление сосны на гарях в течение ближайших 10 лет, как и предусмотрено существующей в Алтайском крае Программой ликвидации последствий крупных лесных пожаров, должно осуществляться дифференцированно, с максимальным учетом возобновительного природного потенциала. В этом случае учет лесорастительных условий по типам леса становится насущной необходимостью.

Помимо лесовосстановительного потенциала необходимо учитывать место расположения конкретного участка на гари и тем более возраст гари. В местах, удаленных от источников семян, необходимо осуществлять искусственное лесовосстановление. Разработанные рекомендации по обработке почвы под лесные культуры предусматривают применение в зависимости от конкретных условий, включая обработку почвы в товарных и нетоварных древостоях. Выбор способа обработки почвы обязательно зависит от конкретных условий, т.е. от типа леса. С учетом высокой пожарной опасности юга ленточных боров создание лесных культур необходимо производить блоками площадью от 100 до 500 га с оставлением 30-40-метровых противопожарных разрывов. В отдельных типах лесов за два года перед созданием лесных культур возможно производить предварительное шелюгование (Ишутин, 2004).

3.8. Защита от вредителей и болезней

Если рассматривать проблему в историческом плане, то ленточные боры подвергались воздействию вредителей и болезней в зависимости от погодных, почвенно-грунтовых и антропогенных факторов с разной степенью интенсивности. Было установлено (Бугаев, Косарев, 1988), что для молодняков ленточных боров наибольшую опасность представляют вредители корней – восточный майский и июньский хрущи. Распространены и при-

носят заметный вред большой и малый сосновые долгоносики, почковая и вершинная хвоевертки. Из первичных хвоелистогрызущих вредителей наибольшее распространение имеет сосновый шелкопряд и сосновая пяденица, из вторичных – большой и малый лубоеды, вершинный короед.

Вторичные вредители распространены на пожарищах и в местах, где наблюдается усыхание насаждений в связи с понижением уровня грунтовых вод.

В 1984-1985 гг. были обнаружены подкорный сосновый клоп в Ключевском, Озерно-Кузнецовском, Панкрушихинском лесхозах; березовый ткач – в Ключевском; непарный шелкопряд – в Новичихинском и Барнаульском лесхозах. Биология вредителей весьма разнообразна. Например, подкорный клоп появляется в лесных культурах возраста 4-5 лет. Наибольшей численности этот вредитель достигает при 12-15-летнем возрасте культур. В дальнейшем заселенность уменьшается и к 35-40 годам он встречается в небольшом количестве.

Общая площадь опасности негативного воздействия вредителей и болезней на леса Агентства лесного хозяйства по Алтайскому краю составляет 110-150 тыс. га. Эта опасность увеличивается в основном за счет увеличения площади очагов вредителей.

Для борьбы с вредителями леса проводятся наземные мероприятия на площади 360 га с применением химических средств защиты, в том числе на облепиховых плантациях, а также очагах сибирского шелкопряда в государственной лесополосе Благовещенского лесхоза. Во Фрунзенском лесхозе в 2000 г. очаги сибирского шелкопряда обработаны с применением авиации и использованием биологического препарата на площади 17024 га.

Всего в 2000 г. в крае ликвидированы очаги вредителей леса на площади 3545 га. Отмечается положительная тенденция по осуществлению мер борьбы. Если в 1999 г. они были приняты на площади, составляющей чуть более 18% от общей площади очагов, то в 2000 г. было обработано более половины (65,6%) площади очагов вредителей и болезней. В 2001 г. проведены истребительные мероприятия на общей площади 91037 га, в том числе с применением авиации против сибирского и соснового

шелкопряда на площади 90427 га. Во Фрунзенском лесхозе и Бийском лесхоз-техникуме проведены наземные меры борьбы против комплекса листогрызущих на площади 310 га и облепиховой мухи – на площади 300 га.

По данным, опубликованным ранее (Бугаев, Косарев, 1988), из грибных болезней, причиняющих существенный вред в сосняках, встречается рак-серянка. Суховершинность средневозрастных насаждений от этого грибного заболевания – обычное явление во многих лесхозах центральной части боров. На подросте и в культурах распространено снежное шютте, причем преобладают куртины с зараженностью до 15%, а иногда зараженность достигает 75%. Пораженный от этой болезни подрост затем оправляется. Довольно часто встречается в юго-западной части ленточных боров сосновая губка. Иногда из числа стволов, выбранных в порядке санитарных рубок, до 50% заражено сосновой губкой, но она распространяется по стволу не более 1/10 высоты дерева. В 1932 г. в результате обследования перестойных насаждений выявили до 40% фаутовых деревьев. Из этого количества было поражено красной гнилью 8% (протяженность зараженной части 8,3 м), бурой трещиноватой напеной – 17 (1,1 м), бурой столовой – 4 (3,9 м), бурой с белыми прослойками – 3 (5,7 м), напеной дуплистой – 1 (1,1 м) и другими видами 7%. Общая потеря деловой древесины в указанных насаждениях составила 14% запаса.

При создании новых насаждений в современных условиях следует учитывать опасное заболевание сосны – корневую губку (*Heterobasidium annosum*). Даже в юго-западных территориях ленточных боров эта болезнь широко распространена и приносит существенный вред посадкам сосны. При поражении насаждения более 30% рекомендуются рубки больных деревьев с обработкой пней 30%-ным раствором мочевины (Маленко, Kothonen, 2001).

В целом санитарное состояние лесов в крае оценивается как удовлетворительное, но в последующие годы можно ожидать вспышки очагов вредителей и болезней леса на территории пожарищ и вокруг них.

Контрольные вопросы и задания

1. Что понимается под лесоустройством территории и лесосеменным хозяйством?
2. Покажите функции лесхоза и лесопаркового хозяйства.
3. Какие виды лесных пожаров Вам известны? Раскройте содержание мероприятий по защите леса от пожаров.
4. Назовите основные направления и технологии лесовосстановления после пожаров.
5. Что понимается под комплексной защитой от вредителей и болезней?

ГЛАВА 4. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ

Лес во все времена был одной из главных составляющих ландшафта. Массовое сведение лесов в недалеком прошлом и современный обратный процесс лесовосстановления на определенных территориях являются серьезными факторами среды обитания человека.

4.1. История полезащитного лесоразведения

Идея защиты полей от засушливого климата посредством лесных насаждений впервые возникла в нашей стране. Первоначально широкие лесные полосы закладывали в Самарской, Ставропольской, а затем в Саратовской, Оренбургской и Воронежской губерниях. За период с 1886 по 1906 гг. было облесено более 7000 тыс. га водораздельных плато. В 1892 г. в России была организована особая экспедиция по борьбе с засухой в степной и лесостепной зонах. Эту экспедицию возглавил В.В. Докучаев, который в разработанном им плане борьбы с засухой в южнорус-



В.В. Докучаев

ских степях большое место отводил естественным и искусственным насаждениям на водоразделах, придавал первостепенное значение облесению берегов рек, оврагов, балок, песков и других неудобных для сельскохозяйственного использования земельных участков.

Полезащитное полосное лесоразведение является достижением русской научной мысли и русской сельскохозяйственной практики. Оно прошло более чем 150-летний путь исканий с его неудачами и важными научными открытиями, с замечательными практическими достижениями в виде выращенных многих прекрасных высокоэффективных насаждений и наряду с этим – рядом малоценных, явно неудачных насаждений. Этот путь научных исканий продолжается и по сей день. Благодаря настойчивым творческим усилиям научных и практических работников были выработаны определенные научные положения полеззащитного полосного лесоразведения.

Наиболее значительные теоретические работы по защитному полосному лесоразведению в период с 1932 по 1941 гг. были выполнены следующими учеными: Г.Н. Высоцким, Н.И. Сусом, А.С. Карасевым, Г.И. Матякиным, Я.Д. Панфиловым, Б.В. Карузиным, Н.М. Горшениным, Г.П. Шестоперовым, Е.Г. Кучерявых, Б.И. Локтионовым, А.Е. Дьяченко, И.Д. Шерлиным и др. Большой вклад в теорию сочетания леса, поля и луга на сельскохозяйственной территории сделал В.Р. Вильямс.



В.Р. Вильямс

В послевоенное (после 1946 г.) время были созданы государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП): Камышин – Волгоград (водораздел рек Волги и Иловли); Белгород – Дон (по берегу реки Северный Донец); Воронеж – Ростов-на-Дону (по берегам реки Дон); Пенза – Екатериновка – Вешенская – Каменск (на водоразделах рек Хопра, Медведицы, Калитвы и Березовой). Развивалось полеззащитное лесоразведение и на Алтае. В Алтайском созданы две ГЗЛП: Рубцовск – Славгород и Алейск – Веселовка.

В 1949-1955 гг. в крае (в 55 районах) было посажено лесных полос более 12 тыс. га. Согласно статистическим данным, с

1928 г. на Алтае было создано около 200 тыс. га лесных полос, по состоянию на первое января 2006 г. сохранилось только 74,3 тыс. га, возникают новые проблемы использования существующих и создания новых лесных объектов.

В различные годы большие работы провели М.А. Лисавенко, С.И. Кукис, А.Д. Нехаев, В.Н. Долгилевич, А.П. Симоненко, Е.Г. Парамонов, Я.Н. Ищутин и др.

4.2. Научные основы полезащитного лесоразведения

Как показывают научные исследования и практика, полезащитные лесные полосы оказывают свое полезное влияние на защищаемую сельскохозяйственную территорию не только в непосредственной близости от самого насаждения. Они положительно влияют как на атмосферу, так на педосферу (почвогрунт). Дальность влияния зависит главным образом от высоты лесной полосы. Сфера наибольшего положительного воздействия лесной полосы простирается на расстояние, кратное примерно 30 высотам насаждения. Основное непосредственное положительное влияние полосы проявляется в приземном слое воздуха толщиной около 2-3 м от поверхности почвы, а в педосфере – в пределах толщины почвенного слоя. За этими пределами полезная эффективность лесной полосы в атмосфере намного уменьшается и поэтому непосредственное практическое значение ее незначительно. Что касается педосферы, то здесь в ряде случаев влияние лесной полосы выходит за пределы почвенного слоя и распространяется вглубь на материнскую породу и даже глубже (например, излишнее влагонакопление, нежелательное поднятие уровня грунтовых вод).

Главное влияние полезащитных лесных полос на примыкающее к ним пространство заключается в том, что они, являясь механическим препятствием ветровому потоку, существенно снижают его скорость и улучшают его структуру в результате уменьшения турбулентности. Это обстоятельство приводит к изменению всех других факторов микроклимата атмосферы (приземного слоя атмосферы толщиной 2-3 м от поверхности почвы), микроклимата почвы, почвообразовательного процесса, снегораспределения на поверхности почвы, гидрологического

режима почвы, режима грунтовых вод и т.д. При этом факторы внешней среды, отрицательно действующие на рост, развитие и формирование урожая сельскохозяйственных культур (например, суховеи, пыльные бури, сильный ветер и др.), резко и намного ослабляют степень своего отрицательного воздействия, а факторы внешней среды, находящиеся в недостатке (прежде всего запасы почвенной влаги, в ряде случаев температура воздуха и почвы, преимущественно весной для некоторых теплолюбивых культур), увеличиваются. Таким образом, на сельскохозяйственной территории, защищенной лесными полосами, создаются благоприятные условия для выращивания более высокого урожая, чем на полях, не имеющих защиты в виде лесных полос. В засушливой и сухой степи со временем в почве накапливается больше полезных факторов для сельскохозяйственных культур, то есть степень полезной эффективности полос возрастает. Поэтому чем раньше будут защищены сельскохозяйственные угодья лесными полосами, тем большая польза от этого будет народному хозяйству.

Степень полезной эффективности одной отдельно взятой лесной полосы существенно меньше, чем системы лесных полос, то есть тогда, когда сферы наиболее эффективного влияния каждой из лесных полос соприкасаются между собой. На полях должна создаваться система лесных полос с таким расчетом, чтобы было обеспечено в пространстве непрерывное соприкосновение друг с другом всех сфер наибольшего хозяйственно полезного эффекта лесных полос. Защитными лесными полосами должна быть покрыта вся сельскохозяйственная площадь.

Полезное полосное лесоразведение является одной из важнейших составных частей комплекса мероприятий (агронOMICеских, мелиоративных, организационных, хозяйственных), осуществляемых на сельскохозяйственных угодьях по единому государственному плану, и должно охватывать значительную территорию засушливой и сухой степи и лесостепи.

Успешное произрастание древесных и кустарниковых пород, из которых создаются защитные лесные полосы, зависит в основном от климата и почвы.

В степной и лесостепной зонах РФ имеются определенные отдельные территории, которым свойственны свои специфиче-

ские климатические и почвенные условия. В одних случаях они ближе подходят к условиям естественного ареала той или иной древесной и кустарниковой породы, в других – дальше; одни почвенно-климатические условия более благоприятны для произрастания деревьев и кустарников, другие – менее благоприятны. С другой стороны, различные древесные и кустарниковые породы, многие из которых являются в районах полезащитного лесоразведения интродуцированными, по-разному реагируют на почвенно-климатические условия и на условия произрастания в таких специфических формах лесного насаждения, как лесные полосы; одни виды деревьев и кустарников лучше приспособляются к этим условиям, другие хуже или же совсем не могут адаптироваться.

В зоне лесостепи, а тем более в зоне засушливой и сухой степи, лесные полосы могут быть успешно выращены только в том случае, если для них будут созданы соответствующие условия. Важнейшими звеньями комплекса мероприятий по созданию условий для приживаемости древесных и кустарниковых пород, их роста и долголетия являются: предпосадочная подготовка почвы, правильный подбор древесных и кустарниковых видов и размещение их в насаждении, уход за почвой и древостоем в насаждении, рубки возобновления и меры содействия возобновлению насаждения. Лесная полоса в степи нуждается в течение всей жизни весьма активной помощи со стороны человека. Необходимость создания в степи искусственным путем жизненных условий для лесной полосы, так же как и для других форм степных лесных насаждений, является одной из особенностей, принципиально отличающих степное лесоразведение от лесоводства в лесах естественного происхождения.

На территории степной и лесостепной зон РФ не может быть какого-либо одного, единого комплекса агролесокультурных мероприятий по выращиванию лесных защитных полос. В каждом агролесомелиоративном районе и подрайоне, а в ряде случаев и в пределах еще меньшей территории, должны быть свои приемы агролесокультурной техники, свой комплекс этих приемов, отвечающих специфике данных лесорастительных условий: почвам, климату, рельефу и экспозиции местности, глубине залегания уровня грунтовых вод и т.п.

Между лесной полосой и степью происходит непрерывная борьба. Степь сильно наступает на лесную полосу: дикие виды степных трав, проникая под полог насаждения, вытесняют деревья. Неблагоприятны для древесной растительности и другие факторы степи: сухость воздуха, высокая температура воздуха летом, недостаток почвенной влаги, частые и длительные сильные ветры и т.п. Чтобы лесная полоса могла успешно противостоять неблагоприятным факторам степи, она должна обладать свойствами леса, то есть в ней должна быть такая внешняя среда, которая свойственна лесу. Во-первых, в лесной полосе должно быть сильное затенение почвы, настолько сильное, чтобы дикие травы не могли там жить. Во-вторых, должна быть лесная подстилка, состоящая из разложившегося и мертвого опада листьев, веточек, плодов и кустарников. Микроклиматические факторы внутри лесной полосы должны быть близки к микроклимату леса. Одним словом, внутри лесной полосы должна быть лесная обстановка. Это теоретическое положение стало одной из научных основ полосного лесоразведения в степи. Практически оно нашло свое отражение в том, что лесные полосы, в том числе и полезащитные, закладывались многорядными (более 5-7 рядов) и широкими (10 м и более). Однако это теоретическое положение в последующий период подвергалось пересмотру.

Одним из важнейших теоретических вопросов в биологии является вопрос о взаимоотношениях между биологическими видами и между особями внутри вида. Учет внутривидовых и межвидовых взаимоотношений тем более важен в полосном степном лесоразведении, поскольку лесные полосы являются насаждениями искусственными, создаются в условиях, где лес естественно не произрастает (водоразделы, склоны и равнины засушливой и сухой степи) и в той форме (узкие ленты или полосы).

4.3. Практические аспекты полезащитного лесоразведения

Значительный вклад в разработку практических вопросов полезащитного лесоразведения в России внесли В.Н. Сукачев, А.В. Альбенский и др.; на Алтае – М.И. Долгилвич, А.М. Бялый, Л.С. Савельева, А.П. Симоненко, Е.Г. Парамонов, Я.Н. Ишутин.

Конструкции полезащитных лесных полос. Понятие о конструкции лесной полосы, как и создание лесных полос различной конструкции, появилось не сразу, а по прошествии более ста лет после возникновения полосного степного лесоразведения. До этого времени полезащитные лесные полосы создавались без учета того, в какой степени густота насаждения влияет на скорость ветра и на структуру ветрового потока.



В.Н. Сукачев

Продуваемая конструкция. В нижней, приземной, части насаждения сосредоточены вертикальные просветы удлиненной формы, так как образованы стволами деревьев, очищенных от ветвей. Верхняя часть в облиственном состоянии совершенно плотная, а без листьев представляет собой очень мелкую, густую сетку. Ветровой поток при облиственном состоянии деревьев проникает через приземную часть, зимой – тоже в основном здесь же, но небольшая часть потока проникает и через кроны деревьев в верхней их части.

Плотная конструкция. Густое снизу доверху насаждение почти без просветов в облиственном состоянии. Практически через такое насаждение ветровой поток почти не проникает. Встретив на своем пути лесную полосу и ударившись об нее, ветер переваливает через полосу сверху и частично отбрасывается назад. В безлиственном состоянии такая лесная полоса представляет собой очень густую мелкую сетку, через которую с большим трудом проникает часть струй ветрового потока, а часть переваливает также через верх насаждения.

Ажурная конструкция. Насаждение имеет по всей своей высоте равномерные просветы приблизительно одной формы, образованные в основном ветвями деревьев и частично кустарниками. В облиственном состоянии просветов меньше, без листьев – больше. Весь ветровой поток проникает через всю лесную полосу равномерно.

Таким образом, под конструкцией лесной полосы следует понимать определенное сочетание величины, формы и количе-

ства просветов и плотных, то есть беспросветных, частей в лесной полосе и характер их взаимного расположения в продольном профиле насаждения.

Наилучший ветрозащитный эффект показали лесные полосы ажурной и продуваемой конструкции. Кроме того, данные исследований показали, что эти конструкции являются лучшими в отношении их влияния на другие элементы микроклимата летом, а также в отношении их действия в зимнее время (распределение снежного покрова происходит более равномерно).

Размещение полезащитных лесных полос на сельскохозяйственной территории. Наибольшая эффективность проявляется при полной увязке размещения лесных полос со всеми элементами организованного устройства территории землепользования хозяйства. Мероприятия по защите лесными полосами сельскохозяйственных угодий являются составной и неотъемлемой частью плана землеустройства хозяйства.

Расстояние между лесными полосами, главным образом основными, зависит от почвенно-климатической зоны и крутизны склона местности. При определении расстояний учитывается, что система лесных полос должна обеспечить непрерывность наиболее эффективной защиты в пространстве и в то же время, чтобы лесные полосы на полях наименьшим образом мешали механизации возделывания сельскохозяйственных культур. В зависимости от почвенно-климатической зоны полезащитные лесные полосы проектировались и закладывались на следующих расстояниях одна от другой.

А. На полях сельскохозяйственных предприятий (их теперь много типов) основные лесные полосы в зоне обыкновенных черноземов на 450-600 м; в зоне южных черноземов – 250-300; в зоне каштановых почв – 200-250 м. Расстояние между вспомогательными (поперечными) лесными полосами во всех зонах делалось 1000-1500 м.

Б. В хозяйствах, где поля севооборотов по своим размерам больше и не было дробного деления этих полей на бригадные участки, как в колхозах, основные лесные полосы закладывались в зоне тучных черноземов на расстоянии 500-1000 м; в зоне обыкновенных черноземов – 400-800; в зоне южных черноземов

– 250-500; в зоне темно-каштановых почв – 200-250 м. Между поперечными лесными полосами расстояние было 1500-2000 м.

Роль рельефа. Наиболее полная защита от вредоносных ветров и водной эрозии почвы обеспечивается при строгом учете рельефа местности. На равнинной территории, где водная эрозия либо отсутствует, либо она незначительна, основные лесные полосы располагаются в направлении, перпендикулярном к главным вредоносным ветрам (весной, летом и осенью это обычно суховеи, в том числе и сильные ветры, вызывающие пыльные бури; зимой – метелистые ветры, сметающие снег с открытых полей). По ряду причин не на всех сельскохозяйственных угодьях можно идеально выдержать перпендикулярное направление лесных полос по отношению к вредоносным ветрам, допускается отклонение направления основных лесных полос от перпендикулярного до 30° , так как экспериментальными наблюдениями установлено, что такое отклонение не приводит к значительному снижению ветрозащитной роли лесных полос. На склонах крутизной более $2-3^\circ$ для связных почв и более $3-5^\circ$ для песчаных и супесчаных почв, где проявляется водная эрозия почвы, сельскохозяйственные поля делаются прямоугольной, вытянутой поперек склона, формы. Следовательно, здесь основные лесные полосы направлены поперек склона и в этом случае главной задачей основных лесных полос является препятствие смыву и размыву почвогрунта регулированием поверхностного стока снеговых и ливневых вод. Таким образом, направление основных лесных полос зависит от характера и направления основного вредоносного фактора. Основные лесные полосы направляются против главного вредоносного фактора в том случае, если по условиям местности не удастся сразу решить обе задачи: препятствие вредоносному ветру и водной эрозии почвы.

Типы полезащитных лесных полос. Теорией и практикой полезащитного лесоразведения разработаны следующие основные типы лесных защитных полос.

Древесно-кустарниковый тип. Насаждения этого типа состоят из деревьев I и II ярусов и кустарников. При этом количественное соотношение между деревьями и кустарниками может быть разным. Если деревья в рядах чередуются с кустарниками

по формуле: дерево – кустарник – дерево – кустарник – такой тип называют древесно-однокустарниковым; если это чередование идет по формуле: дерево – кустарник – кустарник – дерево – такой тип называют древесно-двухкустарниковым. В первом случае на долю деревьев приходится 50%, на долю кустарников – также 50%; во втором случае деревья составляют 1/3, а кустарники – 2/3 состава насаждения. Кустарники могут участвовать во всех рядах или только в нескольких. Смешение деревьев и кустарников может быть в ряду, то есть подеревное, или ряды чистых кустарников чередуются с рядами деревьев (порядное чередование).

Древесно-теневой тип. Насаждения этого типа состоят из деревьев I и II ярусов. В этом типе главные древесные породы, входящие в I ярус, чередуются с подгоночными, то есть теневыми древесными породами, составляющими II ярус. Чередование бывает как подеревное, так и порядное, но так или иначе главные породы оказываются в окружении подгоночных. Доля участия в составе насаждения главных и подгоночных пород равная. Древесно-теневой тип полностью насыщен такими древесными породами, которые довольно требовательны к плодородию почвы и хорошей ее увлажненности (дуб, береза, липа, клен остролистный). Поэтому древесно-теневой тип рекомендуется и применяется главным образом только на выщелоченных мощных (тучных) приазовских и предкавказских черноземах.

Кустарниковый тип. Насаждение состоит преимущественно из высоких кустарников на бедных по плодородию почвах и в условиях малого количества осадков.

4.4. Зоолесомелиоративные мероприятия

Эти мероприятия представлены двумя направлениями: а) создание зоотехнически оптимальных пастбищ путем преобразования лесной среды (лесопарковые пастбища); б) создание на безлесных пастбищах лесных полос для защиты почв от выдувания и смыва, животных от ветра, снега и песка и т.п., а также различных куртинных «зонтов» из деревьев для защиты животных от солнца на возвышенных местах, в районах водопоя и т.п.

Лесопарковые пастбища – участки в лесах с улучшенным путем осветления травостоем, используемые для пастбы скота. При создании лесопарковых пастбищ проводят прочистку леса: вырубают кустарник (орешник, крушину, иву и другие), удаляют гнилые поврежденные деревья, убирают валежник и др. В разреженном лесу создается луговой травостой, ценный в кормовом отношении. Деревья в лесопарковых пастбищах могут быть разбросаны по всей площади равномерно или куртинами, т.е. участки сплошного леса чередуются с открытыми пространствами.

Пастбищезащитные лесные полосы в безлесных районах имеют важное значение в повышении продуктивности травостоя, а также в организации пастбищеоборотов и загонно-сезонной системы пастбы скота. Естественные пастбища и сенокосы представлены в основном равнинно-холмистыми и холмисто-бугристыми песками с различной степенью зарастания и различными почвенно-гидрологическими условиями. Все это должно учитываться в подборе пород при создании защитных лесных полос.

Главной породой для пастбищезащитных полос на Придонских песках является сосна обыкновенная (в понижениях – с участием лиственных пород), на Астраханских песках – бересклет и вяз мелколистный с тамариксом (в понижениях – тополь канадский и нарынский), на Терско-Кумских песках – акация белая, вяз мелколистный и тополь черный.

Полосы размещаются по границам полей пастбищеоборотов. Ширина полос 15-20 м с междурядьями 2,5 м. Пастбищезащитные полосы в условиях слабозаросших Терско-Кумских песков рекомендуют создавать с кустарником по опушке и в два приема: сначала сажают крайних три ряда (лох, айлант, гледичия), а спустя 4-5 лет – древесные породы в центральные ряды (Смирнов, 1963).

Кроме защитных полос важное значение на пастбищах, особенно в полупустынной зоне, имеет создание куртинных насаждений – затишков для скота. Затишки предохраняют скот от перегрева в летние полуденные часы и от буранов в зимнее время. Закладка куртинных насаждений на слабо и среднезаросших песках с пятнами разбитых бугристых песков производится од-

новременно с закреплением этих песков. При этом на открытых участках подвижных песков недалеко от колодцев рано весной высаживают сеянцы акации белой, вяза мелколистного, частично клена ясенелистного с применением механических защит или сажают тополь черный и канадский удлиненными черенками без защит с размещением 4x5 и 6x6 м (или саженцами).

Площадь затишков зависит от количества животных, иногда достигает 0,5 га. Выбирается она с таким расчетом, чтобы часть насаждений (более редкая) была на повышенных элементах рельефа, а часть (более густая) – в понижениях. Первые защищают скот от жары, вторые – от буранов.

На заросших пастбищах затишки лучше создавать посадкой 3-4-летних саженцев указанных пород в ямки 50x50x50 см с размещением 5x5 или 6x6 м. В год посадки по возможности растения поливают 2-3 раза за вегетационный период. Затишки размещают на пастбищах на расстоянии 2-3 км один от другого (Смирнов, 1963).

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные исторические этапы и объемы полезащитного лесоразведения в России и Алтайском крае.
2. Какие изменения вносят полезащитные лесные полосы на условия произрастания сельскохозяйственных культур?
3. Какие экологические условия необходимы для существования лесной полосы?
4. Охарактеризуйте основные конструкции лесных полос и их ветрозащитную эффективность.
5. Покажите отличия в размещении лесных полос различных почвенно-климатических зон и в зависимости от рельефа местности.
6. Назовите типы полезащитных лесных полос.
7. Раскройте основное содержание и географические особенности зоолесомелиоративных мероприятий.

ГЛАВА 5. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ И АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ НА ВОДОСБОРАХ

5.1. Закрепление песков

Общая характеристика песчаных территорий. Пески – это рыхлые, мелкообломочные минеральные отложения, состоящие преимущественно из частиц (зерен) кварца и других минералов диаметром от 0,01 до 3 мм. Пески большей частью образуются в результате выветривания и переотложения горных пород, занимают огромные земные пространства: около 20% территории суши, представленной пустынями и полупустынями среднеазиатских республик, полуострова Аравия, центральной части Австралии, части штата Невада в США. Площадь пустыни Сахара составляет 2,5 млн км². Переноса продукты разрушения, ветер откладывает их в другом месте, образуя барханы, дюны и другие отложения. Барханами называют отложения летучего песка в пустынях. Дюны возникают из летучего песка по берегам морей, озер и рек. Разрушительная деятельность ветра проявляется не только в пустынях, но и в климатически умеренных областях.

Пески бывают подвижные (сыпучие) и неподвижные. В Европейской части России насчитывается около 3,85 млн га песков, песчаных и супесчаных земель, которые расположены в пойме р. Дона, низовьях Волги, между Терекком и Кумой. Площадь этих территорий составляет: Придонские пески – около 1 млн га, Терско-Кумские – около 2 млн га и Приморские пески Дагестана – 50 тыс. га (Смирнов, 1963).

В Сибирском федеральном округе площади песков составляют 1,8 млн га, в т. ч. Западно-Сибирский регион – 1,6, Восточно-Сибирский – 0,2 млн га. В Алтайском крае площади песков составляют около 1,0 млн га. Это в основном почвы ленточных боров – территории долин древнего стока и пески поймы р. Оби. Кроме того, значительные площади занимают супесчаные почвы Кулундинской степи под сельскохозяйственными и другими угодьями.

Подвижные, или сыпучие, пески в европейской части России занимают большие площади – около 800 тыс. га. Они являются не только неиспользуемым резервом, но и приносят большой вред, засыпая прилегающие освоенные человеком земли, сооружения, водоемы, дороги, и ухудшают климатические условия районов. Скорость наступления массивов подвижных песков на прилегающие земли составляет в среднем 3-5 м в год.

По пригодности к мелиорации пески делят на пять групп. Пески первой и второй групп наиболее удобны для закрепления и улучшения. Пятая группа – подвижные пески барханного типа – наиболее сложный объект для мелиорации.

Интенсивность ветровой эрозии и передвижения песков тем сильнее, чем суше климат и резче выражен ветровой режим. Так, на Терско-Кумских мелкозернистых песках в полупустынной зоне – около 1 м. Наблюдения за перемещением песка путем повторных нивелировок поверхности, проведенные в 1958-1960 гг. на мелкобарханных песках Терско-Кумского массива, показали, что только за апрель 50% площади выдувается или засыпается на 0,8 м, а за вегетацию – на 1,5 м. В крайне засушливые годы ветровая эрозия достигает еще большей величины.

Методы защиты песчаных территорий. Насаждения почвозащитного значения создаются на подвижных песках, лишенных растительности, с целью их закрепления и вовлечения в хозяйственный оборот. Для того чтобы подвижные пески быстро превратить в продуцирующие земли, их необходимо закреплять, так как процесс естественного зарастания идет крайне медленно. Более 10 лет требуется для зарастания подвижных Придонских песков. Астраханские и Терско-Кумские пески покрываются растительностью при отсутствии выпаса скота в течение нескольких десятилетий. Отдельные же массивы грядово-барханных и бугристо-дюнных песков в зоне полупустынного климата зарастают столетиями (Смирнов, 1963). Противостоять наступлению песков способствуют несколько способов.

Физико-механические способы. Ликвидировать или уменьшить перемещение песка можно путем постановки механических защит (устилочных, стоячих или прижимных), применением системы защит или покрытием поверхности песка пленкой битумной эмульсии. Однако эти приемы требуют больших

затрат и средств и применяются на отдельных участках песков для их срочного закрепления.

Лесомелиоративные способы. Наиболее эффективным приемом, обеспечивающим надежное закрепление песков и защиту их от ветровой эрозии, являются посадки древесно-кустарниковых пород. Не все подвижные пески европейской части России целесообразно закреплять древесными или кустарниковыми породами. Отдельные массивы или участки подвижных песков с успехом закрепляются травами или комбинированно: древесно-кустарниковыми породами и травами, посадкой древесно-кустарниковых пород с применением механических защит или битумной эмульсии. Так, среди пяти групп подвижных песков Терско-Кумского междуречья разбитые бугристые средневлажоемкие пески с пресными и солоноватыми грунтовыми водами (II и III группы) с успехом закрепляются травами, тем самым здесь решается основная задача – восстановление пастбищ. Мелко- и среднебарханные или грядово-барханные пески экономически выгоднее и эффективнее закреплять древесно-кустарниковыми породами, занимая в дальнейшем межкулисные или межкуртинные пространства под сельскохозяйственные культуры.

На подвижных песках как в полупустынной, так и в степной зоне могут расти немногие древесные и кустарниковые породы, способные хорошо приживаться, защищать пески от ветровой эрозии и давать максимум продукции. Чтобы правильно выбрать виды растений-закрепителей и систему их размещения, необходимо учитывать направление хозяйства и лесорастительные условия.

Полосное закрепление песков. Многолетний опыт Калачевского лесхоза по закреплению светлых, подвижных, бугристых песков Среднего Дона показал, что хорошие результаты здесь дают посадки черенков шелюги полосами шириной 4-6 м с оставлением 10-30-метровых межполосных пространств, где через 3-4 года после посадки шелюги высаживают сеянцы сосны обыкновенной. То отрицательное действие шелюги на сосну, которое выражается в отенении и иссушении почвы, компенсируется защитой, без которой сосна засекается песком и выдувается. Кроме полосного шелюгования на этих песках с успехом

применялось и сплошное шелюгование с дальнейшей посадкой сосны по частично подготовленной почве в плужные борозды. На высокобугристых песках лучшие результаты дает посадка сосны с применением механических защит. Постановка механических защит – заборчиков высотой 0,7 м или плетневых щитов через 2-3 м на подвижных песках Арчединского лесхоза с одно-временной посадкой сеянцев сосны между защитами также обеспечивает хорошую приживаемость культур. Удачным оказался и опыт облесения бугристых мелкозернистых песков Арчединско-Донского и Придонецкого массивов посадкой двух-летних сеянцев сосны с устилкой междурядий ветками можжевельника казацкого. В этом случае для проведения устилочных работ с покрытием около 1/3 лесокультурной площади требуется 20 рабочих дней (Смирнов, 1963).

Особенности агротехнических мероприятий, применяемых при создании защитных насаждений на песках и песчаных почвах. Система обработки почвы на песках и песчаных почвах направлена на накопление влаги, ее сохранение и улучшение аэрации. Обработка необходима для регулирования физико-механических свойств почвы, усиления биологического круговорота питательных веществ и вовлечение в него элементов питания нижележащих подпахотных слоев, уничтожения сорняков, вредителей и возбудителей болезней возделываемых культур, для заделки удобрений, стерни и растительных остатков в почву; для использования технических средств; для охраны окружающей среды, включая защиту почв от эрозии.

Обработка почвы подразделяется на несколько видов по признаку глубины, времени проведения, оборота или без оборота пласта, периодичности проведения и в зависимости от системы парования.

По признаку глубины обработка почв может быть поверхностная – обработка различными орудиями на глубину до 8 см, мелкая – на глубину 16-18, классическая – на 20-22, глубокая – более 24 см, плантажная – обработка специальными плугами на глубину до 100 см. По признаку оборота пласта обработка почв бывает отвальная и безотвальная, по глубинам – мелкой, классической или глубокой. Паровое поле – система подготовки площади для посадки лесополос, состоит из осенней или весен-

ней глубоких обработок, летних поверхностных с мерами по борьбе с сорняками, внесению удобрений. Посадка проводится весной следующего года.

Некоторые ученые считают, что на низковлагодоемких песках зябь или пар не имеют значения как меры накопления влаги. Здесь целесообразна ранняя весновспашка и сохранение почвенной влаги уничтожением сорняков. На высоковлагодоемких песках все меры сохранения и накопления влаги целесообразны. Глубокая вспашка песчаных почв степной зоны обеспечивает лучший рост корней сосны в глубину, благодаря чему более полно используются запасы почвенной влаги и пищи. По многочисленным данным, корневая система сосны обыкновенной в 2-летних культурах углубляется на 80 см, при рыхлении песка перед посадкой – на 70 и на 50 см, при вспашке – на 30 см.

Глубокая обработка почвы повышает приживаемость культур и на песках Среднего Дона. Лучшим способом обработки почвы под посадки лесных культур на супесчаных и песчаных почвах Придонья является занятый пар или свежая залежь. В год посадки культур на этих почвах рекомендуется провести 3-4 ухода за почвой в рядах и 1-2 – в междурядьях с оставлением необработанных полос в центре междурядий. В последующие годы междурядья обрабатываются полностью. На серых пологобугристых Придонских песках можно применять зяблевую вспашку лентами.

Надежная приживаемость культур на Астраханских мелководернисто-пылеватых песках получается при весновспашке. Преимущество ее перед зяблевой вспашкой заключается в большем накоплении влаги за зиму, в лучшей аэрации в результате меньшего уплотнения почвы и в меньшей подверженности ветровой эрозии. Вслед за ранневесенней вспашкой на глубину 27-30 см плугом с предплужником рекомендуется укатывать поверхность песка деревянными катками в агрегате со шлейфом. При ранневесенней вспашке ширина обработанных полос должна быть 12-15 м, а невспаханных промежутков – 4-5 м. При зяблевой вспашке при применении пара ширина полос на полужаросших песках 8-10 м с оставлением таких же промежутков необработанной почвы, а на жаросших песках – 12-15 м и необработанных полос шириной 8 м (Смирнов, 1963).

В условиях Терско-Кумских песков лучшим способом обработки почвы под посадку лесных культур являются зяблевая вспашка и ранняя весновспашка. В некоторые годы со значительным количеством осадков в зимний период заросшие пески больше накапливают снега, чем распаханнные участки. В этом случае на участках, распашанных весной, содержится несколько большее количество влаги, чем на участках с зяблевой вспашкой. Так, промеры толщины снежного покрова в начале февраля 1957 г. показали, что на заросших Терско-Кумских песках толщина снежного покрова составляла $17,26 \pm 0,7$ см (на выровненном участке) и $32,3 \pm 1,3$ см (на бугристых участках), а после зяблевой вспашки – только $8,7 \pm 0,9$ см. Однако в средние по климатическим условиям годы зяблевая вспашка и ранняя весновспашка совершенно равноценны по накоплению и сбережению влаги и лучше, чем ранний или занятый пар. Лесные культуры акации белой закладывались кулисами шириной 50 м с межкулисными пространствами такой же ширины.

Акацию белую сажали лесопосадочными машинами Чашкина с размещением $2,5 \times 0,8$ м. Основную вспашку делали на глубину 25 см плугом П – 5-35 на тяге трактора ДТ-75. Глубокое рыхление (в некоторых вариантах) осуществлялось тем же плугом, но без отвалов на глубину 45-50 см. Из научных данных следует, что на мелкозернистых песках зяблевая вспашка обеспечивает лучшее сохранение доступной влаги в весенний период, чем ранний пар (разница составляет 10-15 мм). Применение же весеннего глубокого рыхления на участках раннего пара увеличивает эту разницу. Весеннее же глубокое рыхление зяблевой вспашки не дает ощутимого эффекта.

Приживаемость посадок акации белой по зяблевой вспашке и весновспашке по сравнению с приживаемостью на участках, бывших под занятым или ранним паром, выше на песках на 17-20%, а на супесях – на 5-7%. На песках и легких супесях применение весеннего глубокого рыхления зяблевой вспашки не оказывает существенного влияния на увеличение приживаемости, а глубокое рыхление раннего пара увеличивает приживаемость. На легких суглинках глубокое рыхление зяблевой вспашки целесообразно.

На Терско-Кумских песках определялась эффективность работы культиваторов в зависимости от применяемых рабочих органов при уходах за почвой в кулисных лесных культурах. Исследования проводились в 1-3-летних культурах на полнопрофильных супесчаных почвах, прикрытых эоловым наносом мелкозернистого песка слоем 0,3-2,0 м. Установлено, что после культивации междурядий дисковым культиватором (диски расположены в один ряд углом вперед, вогнутой стороной наружу) в рядах посадок образуются валики насыпного песка слоем 10-15 см, что уменьшает выдувание семян и появление сорной растительности. К началу летнего периода при уходах в между-рядьях дисковыми культиваторами в рядах посадок появляется в среднем одно сорное растение на 1 м², а при обработке между-рядий лапчатым культиватором – 38 травянистых растений на 1 м². Ввиду этого количество уходах за почвой в рядах при культивации дисковыми орудиями сокращается на один уход, что дает экономию труда и средств. Чтобы не допускать образования глубоких микропонижений, следует сочетать уходах дисковыми и лапчатыми культиваторами.

На Приморских песках Дагестана хорошая приживаемость и рост культур отмечены при осенней плантажной перепашке пара на участках с близким залеганием суглинистых горизонтов. После такой обработки почвы приживаемость в кулисных посадках акации белой, ясеня пушистого, айвы, лоха узколистного составляет 85-95%, а черенков тополя канадского – 60-70%. В возрасте четырех лет культуры акации белой имеют среднюю высоту около 3 м, а тополя – 5 м.

Качество посадочного материала. Важное значение при создании устойчивых и продуктивных насаждений имеет качество посадочного материала. Согласно ГОСТ 3317-55 семена при посадке должны иметь определенные линейные показатели. Однако для посадочного материала, используемого на песках и песчаных почвах, имеющих своеобразные почвенно-гидрологические условия в пределах климатических зон, эти стандарты требуют уточнения. На песках степной зоны несколько лучшую приживаемость имеют семена сосны первого сорта. Особенно сильно приживаемость посадок зависит от качества посадочного материала на песках сухостепного и полупустынного климата.

Наибольшую приживаемость имеют сеянцы с нормально развитой корневой системой и с диаметром у корневой шейки: акация белая, алыча и груша – 5 мм и больше, гледичия и ясень пушистый – 4 мм и больше, лох узколистный – 3 мм и больше. Лесные культуры из более крупных сеянцев указанных пород имеют и большую среднюю высоту в однолетнем возрасте и большую продуктивность в возрасте пяти лет, хотя различия в высоте к этому возрасту сглаживаются.

Непригодными для посадки являются сеянцы акации с диаметром у основания стволиков от 1 до 5 мм. Надежные результаты по приживаемости дают сеянцы с диаметром корневой шейки более 5 мм (лучше 7-15 мм). Эти же сеянцы имеют и лучшие показатели роста в однолетних культурах.

Типы лесных культур. Основными породами являются: тополь черный, акация белая, айва, скумпия, лох узколистный, абрикос, алыча, клен татарский, ясень пушистый, акация желтая, шелковица белая, гледичия. Основными элементами, определяющими тип лесных культур, являются состав культур, густота посадки и размещение растений.

Многолетний опыт лесоразведения на песках степной зоны показал, что на участках и площадях глубоководных и малогумусированных песков следует создавать чистые сосновые насаждения, а на близководных и глубокогумусированных песчаных и супесчаных почвах, кроме чистых сосновых и лиственных насаждений, – и смешанные насаждения. Культуры сосны в этой зоне рекомендуется закладывать с размещением на песчаных почвах 2-2,5×0,5 м, на супесях – 3×0,5 м. В зонах сухостепного и полупустынного климата наиболее перспективны чистые культуры лиственных пород (акация белая и др.) с размещением при посадке 2-3×0,7-1,0 м (Смирнов, 1963).

5.2. Агролесомелиоративные приемы на водосборах

К лесомелиоративным мерам на площади водосбора относится создание водопоглощающих лесных полос по горизонталям склоновых земель, способствующих также равномерному распределению снега и препятствующих сдуванию его в понижения, приовраженных лесополос, проведение мероприятий на бессточных (временно бессточных) водосборах и других.

Понятие «водосборной площади» (водосбора) и классификация водосборов на сельскохозяйственных угодьях. Водосбор – это площадь, с которой поверхностные воды стекают в какой-либо водоток или водоем (пруд, озеро, реку, приток реки и т.д.). Наземная водосборная площадь ограничена горизонталями местности, пролегающими по двум водоразделам (линиям), разделяющим сток атмосферных осадков по двум склонам, направленным в противоположные стороны.

Водосборные площади и водотоки в них бывают двух типов. Первый тип имеет небольшие площади (от нескольких до десятков гектаров). Сток воды и смыв почвы на пашне здесь обеспечивается только в весенний период снеготаяния и переполнения блюдцевидных понижений в колках. Эти понижения – результат исторически продолжительного промывного процесса верхних слоев почвы и подпочвы в более глубокие слои литосферы. Понижения не вызывают образования экосистем типа болота, так как в течение лета поверхностная вода испаряется, фильтруется, то есть отсутствует. Для этих условий характерно относительно влаголюбивая, но не гидрофильная, а чаще мезофильная растительность.

Талая вода переполняет понижение, выходит на пашню, вызывает смыв и размыв почвы, снос плодородного слоя и включение его в геологический круговорот. В отдельных случаях на пологом склоне может существовать на линии стока несколько блюдцевидных понижений – разрушение почв усиливается. Почему выделяются эти, казалось, малозначимые водосборы? Потому что здесь в миниатюре просматривается формирование селевого потока большой разрушительной силы в горных территориях.

Второй тип водосборов может охватывать значительные площади (тысячи и десятки тыс. га), иметь различную природу возникновения стока и смыва и вызывает различные подходы к использованию лесомелиоративных мероприятий. К особому типу относят подземные водосборы, которые определяются зеркалом грунтовых вод. Эти водосборы по площади и месторасположению не совпадают с надземными водосборами.

Мероприятия на бессточных (временно бессточных) водосборах. Меры ослабления эрозии следующие: а) можно ре-

гулировать снегозадерживающую способность колков путем снегозадержания с наветренной стороны, увеличения их продуваемости за счет прореживания, что способствует сокращению сконцентрированных снегозапасов; б) возле каждого колка создавать водоудерживающие валы; в) проводить залужение водотоков, то есть посев многокомпонентных смесей многолетних трав в водотоках. Эти способы широко применялись в ОПХ им. В.В. Докучаева АНИИСХ и других хозяйствах Приобья.

Водопоглощающие лесные полосы на склонах. По данным исследований в Каменной Степи, при 6%-ном облесении площади водосбора сток со склонов уменьшается вдвое, а при 18%-ном – в шесть раз. По данным А.А. Молчанова и И.П. Сухарева (1963), на черноземах европейской части России при уклоне 2-3° лесная полоса шириной 30 м может задержать поверхностный сток при длине склона 380-400 м. Конструкция лесополосы ажурная, но с посадкой кустарников.

Создание приовражных лесных полос. В европейской части России при неглубоком промерзании грунтов для поглощения поверхностного стока и перевода его во внутрпочвенный создают приовражные лесные полосы. Их размещают отступив от бровки берега на 2-5 м, а от вершины оврага – на 20-50 м.

Если овраг имеет ветвистые вершины, расстояние между которыми не превышает 100 м, то закладывают одну приовражную полосу выше вершинных ответвлений, а площадь между ветвями отводят под залужение или облесение. Если же расстояние между отдельными вершинами 100 м и более, приовражные полосы закладывают вокруг каждой ветви. Ширина приовражных лесных полос от 15 до 30 м в зависимости от выраженности эрозионных процессов на прилегающих участках склонов, берегах и днищах оврагов.

Основной способ создания лесных полос рядовой, в отдельных случаях для обеспечения быстрого смыкания крон и лучшего водопоглощения – ленточный. Если приовражная лесополоса не может поглотить весь сток талых и дождевых вод, то в вершинной части оврага целесообразно устраивать простейшие гидротехнические сооружения, могущие регулировать весь сток. К таким сооружениям относятся водоотводные канавы для транспортировки воды от вершины и сбрасывания его на нераз-

мываемые участки берегов или склонов. В случае стока с незначительного водосбора или когда нет возможности сбросить его без ущерба для соседних сельскохозяйственных угодий, вместо водоотводной канавы строят водозадерживающий вал или систему валов, задерживающих все воды поступающие со склона.

После отвода или задержания стока вершину оврага укрепляют. Если высота перепадов не более 2 м, вершину срезают бульдозером со следующим углом наклона: у донных размывов – 3-6°, у береговых, склоновых, концевых – около 6-8°; откосы укрепляют посевом многолетних трав (лесостепь и северная степь) или укладкой дерна (сухая степь). Водоотводные канавы устраивают плантажными или обычными плугами, водозадерживающие валы – бульдозерами.

При сильном размывании вершины, опасном для ценных хозяйственных объектов, закрепление оврагов проводят по проектам, предусматривающим устройство бетонных головных (вершинных) сооружений (быстротоков, перепадов, подпорных стенок), а по дну, если оно сильно размывается или подмываются откосы, – поперечных запруд (каменных или фашинных).

Одновременно с закреплением вершин проводят облесение склонов и дна оврагов. В береговых склоновых концевых оврагах занимают лесом дно и нижние, а иногда и средние участки откосов, преимущественно теневых экспозиций. По откосам, отведенным под облесение, сажают сеянцы (группами) или на обработанных площадках сеют желуди дуба или семена клена, проводят залужение многолетними травами. При облесении дна широких донных оврагов с большим проходом стоковых вод центральную часть водотока оставляют свободной для стока талых и дождевых вод. В дальнейшем необлесенная часть дна зарастает древесной или кустарниковой порослью и хорошо закрепляется корнями. Для предохранения дна оврага от размывания и задержания твердого стока, поступающего через овраг в нижележащие пруды, водоемы и на с.-х. угодья, закладывают также донные насаждения-фильтры сплошь по всему руслу нешироких оврагов, вначале по водотоку, а затем на донных террасах. Лучшие породы для таких насаждений – тополь (белый, канадский, восточный, бальзамический, душистый, осокорь) и ивы (древовидные и кустарниковые). Эти породы в первый год

жизни образуют крупные побеги и мощную корневую систему, хорошо скрепляющую почву. По днищам оврага сажают тополя и ивы черенками (размером не меньше 0,5 м). Такие черенки дают высокую приживаемость и, что особенно важно, не вымываются стоковой водой.

Хорошие донные насаждения формируют также из ильмовых, акации белой (где она не вымерзает), а в местах с достаточным увлажнением – ольхи черной. Эти породы сажают сеянцами (если нет опасности вымывания их водой), а ольху – и корневыми черенками. Посадку по дну оврага производят густую: на квадратном метре высаживают 5-6 сеянцев или черенков с расстоянием между рядами 0,5 м и в ряду 0,25 м. При такой густоте породы смыкаются в год посадки и, затеняя почву, освобождают хозяйство от очень трудоемкого в условиях оврага ухода за посадками. Руслоточные насаждения-фильтры можно закладывать в сочетании с устройством грунтово-хворостяных илозадерживающих запруд, которые создают благоприятные условия для искусственного и естественного облесения днищ оврага перед запрудой (в зоне прудка заиления). Такое облесение проводят путем посадки черенков или расставляя ветки тополя и ив с созревающими сержками. Опадающие семена попадают во влажный нанос и дают обильные всходы. Насаждения-фильтры можно также создать установкой по дну плетневых запруд из живых прутьев и кольев ив, тополей, которые дают густую поросль. Незадернованные откосы и русла оврага лесостепи и степи можно облесить посевом семян клена ясенелистного разбросным способом поздней осенью или ранней весной по таящему снегу. На 1 погонный километр оврага высевают 10-15 кг семян. В степных районах можно также высевать семена акации белой (1,5-2 кг), абрикоса (30-40 кг), терна (30-40 кг), яблони лесной (1-1,5 кг), а также путем установки веток тополя и ивы с созревшими семенами (Брауде, 1965; Овраги, 1973).

На 3-й стадии развития оврага, когда вырабатывается продольный профиль равновесия и долина оврага расширяется, применяют те же меры, что и на 2-й стадии, но донных сооружений, предназначенных для ускорения отложения наносов на дне и для устранения подмыва откосов, требуется меньше. На 4-й стадии развития оврага, когда овраг превращается в балку,

необходимо ускорить зарастание берегов (лесонасаждения, выпрямление русла, донные сооружения). Очень важно умело использовать берега и дно балки. Эти земли удобны для садов, виноградников и лесов, на балочных землях, лугово-пастбищных угодьях. Рекомендуются умеренный выпас скота и ведение культурного луговодства, на прибалочных землях – противоэрозионные севообороты и агротехника, предупреждающие образование береговых оврагов на берегах балки. От размыва необходимо защищать также шоссейные, профилированные и грунтовыми дорогами.

Защита территорий с глубоким промерзанием грунтов.

В Алтайском крае в связи с глубоким промерзанием грунтов их водопоглощающая способность значительно ниже, чем в Европейской части России, а иногда бывает близка к нулю. На этой же территории может широко проявляться дефляция. Поэтому здесь получило распространение создание однорядных лесных полос-кулис на откосах противоэрозионных водоотводящих валов-ложбин, созданных на водосборе на значительном удалении от овражных систем.

В зависимости от агроклиматических условий лесные полосы-кулисы в системе контурно-мелиоративного земледелия можно размещать или непосредственно в ложбине (при развитой ветровой эрозии и ограниченном стоке талых вод), или на сухом откосе (при совместном проявлении ветровой и водной эрозии почвы), наконец, по гребню вала (при достаточном увлажнении и развитой водной эрозии почвы). Поэтому технология их создания различна.

В первом случае наиболее приемлемы полезащитные насаждения, включающие рытье траншей роторным экскаватором с отсыпкой противоэрозионного валика из неплодородного грунта; заполнение траншей на 2/3 плодородным слоем с бровки траншей при формировании ложбин бульдозером с поворотным отвалом; посадку однорядной полосы с одновременным залужением многолетними травами или мульчированием соломой.

Во втором случае технология включает в себя перемещение бульдозером плодородного слоя почвы с площади, отводимой под противоэрозионный вал, отсыпку противоэрозионного вала из неплодородного грунта, планировку, посадку лесных

насаждений в один ряд в месте сосредоточения плодородного слоя с одновременным залужением или мульчированием.

Можно ограничиться и одной напашкой валика отвальным плугом или грейдером с посадкой однорядной полосы по центру пологого валика или по его оси с последующей напашкой во время ухода. При частом размещении лесополос на водосборе состав кулисных пород может быть обширным, так как факторы высоты и конструкции имеют здесь соподчиненное значение.

Таким образом, в состав лесных полос на склоновых землях перспективными древесными породами являются береза повислая для всех экспозиций склона и вариантов посадки, а также ива – для более влагообеспеченных мест, но без залужения и посадки по гребню вала. Из древесно-кустарниковых наиболее приемлема облепиха при мульчировании почвы или обработке по типу пара (Мишенева, 1983).

Учеными Алтайского края совместно с экспедицией института «Союзгипролесхоз» был разработан проект почвозащитного комплекса колхоза «Красное Знамя» Первомайского района, который расположен на территории сильно расчлененной Обь-Чумышской возвышенной равнины. На рисунке 5.2.1 показан типичный овраг обсуждаемой территории.



Рис. 5.2.1. Овраг в бассейне р. Жилиха (Бие-Чумышская возвышенная равнина)

В колхозе посажено 179 га приовражных, прибалочных, водорегулирующих, придорожных и 116 га полезащитных полос по границам полей-контуров. Лесные полосы были подкреплены системой водозадерживающих валов. Все затраты окупились за пять лет благодаря увеличению урожайности полевых культур.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте основные признаки песчаных почв, их распространение на планете, в России и Алтайском крае.
2. Что следует понимать под методами защиты песчаных территорий?
3. Дайте краткую характеристику посадочного материала, предназначенного для закрепления песков.
4. Назовите основные древеснокустарниковые породы, применяемые на песчаных землях Европейской части России и способы их размещения.
5. Перечислите лесомелиоративные мероприятия и покажите их эффективность на бессточных (временно бессточных) водосборах и склонах в черноземной зоне Европейской части РФ.
6. Дайте классификацию оврагов и гидролесомелиоративные приемы использования пораженных оврагами земель.
7. Особенности использования склоновых земель с глубоким промерзанием почвогрунтов.

ГЛАВА 6. ОЗЕЛЕНЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ШОССЕЙНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Зеленые насаждения поселений при автомобильных и железных дорогах находятся на серьезно измененных антропогенной деятельностью территориях.

Зеленые насаждения, входящие в состав современного города или сельского поселения, играют значительную роль в формировании архитектурного облика населенных мест, четкой функциональной организации городских и сельских территорий.

Таким образом, озеленение – система мероприятий по созданию и использованию зеленых насаждений для улучшения условий жизни населения. Зеленые насаждения улучшают микроклимат местностей, очищают воздух населенных мест, задерживая листвой, ветвями и стволами пыль, выхлопные газы, уменьшают городской шум. Зеленые насаждения сельских поселений выполняют защитную роль от разрушения берегов рек, пыли от сельскохозяйственных полевых работ и транспорта, шума и другое.

Зеленые насаждения вдоль населенных и железных дорог выполняют особые функции по защите от заносов снега и песка, улучшают экологическую и эстетическую составляющую ландшафта в целом.

6.1. Озеленение городов

По территориальному признаку зеленые насаждения подразделяются на внутригородские и загородные. К внутригородским относятся насаждения, находящиеся на территории в пределах городской застройки (Холявко, Глоба-Михайленко, 1988).

Зеленые насаждения, вкрапленные в застройку города, создают необходимые разрывы между застройкой и вместе с тем объединяют строения в отдельные ансамбли в отличие от лесопарка, где при определенных условиях можно собирать грибы, ягоды и т.п., что исключено в зеленых насаждениях города. Зеленые насаждения города имеют определенную строгую систему, где сеть общественных парков, скверов и бульваров сочетается с зелеными насаждениями ограниченного пользования. По правилам и нормам планировки и застройки городов зеленые насаждения подразделяются следующим образом: на зеленые насаждения общего пользования (городские и районные парки, сады жилых микрорайонов и межквартальные сады, скверы, бульвары); зеленые насаждения специального назначения (ботанические и зоологические сады, выставки т.п.); зеленые насаждения ограниченного пользования (на пришкольных участках, на участках детских дошкольных учреждений, при спортивных сооружениях и т.д.); зеленые насаждения, неиспользуемые для свободного посещения (на промплощадках, защитных зонах

свалок, очистных сооружений и т.д.). В городских насаждениях ассортимент деревьев, кустарников, полукустарников и травянистых растений подбирается из газо- и пылеустойчивых пород. Загородные питомники этих пород планируются из расчета 2 м² на одного жителя.

Насаждения общего пользования. Зеленые насаждения общего пользования должны равномерно размещаться на территории города. Площадь и их размещение зависят от численности населения, природно-климатических условий и планировочного решения территории города.

Парки. Основными элементами комплексного озеленения являются многофункциональные парки культуры и отдыха общегородского и сельского значения с высоким уровнем благоустройства. Они служат основным местом для отдыха населения и проведения всевозможных массовых культурно-просветительных, политических, физкультурных мероприятий и развлечений.

Общегородские парки создают из расчета примерно 75-100 м² на одного посетителя. Ориентировочно в городских парках зеленые насаждения должны занимать около 70% территории, площадки – 8-10, аллеи и дорожки – 10-12, парковые сооружения – 5, места отдыха для детей – 5%.

Сады жилых районов. Они предназначаются для повседневного отдыха населения жилого района, что определяет их размеры. Они размещаются в непосредственной близости к жилой застройке. Площадь сада определяется в зависимости от количества населения района и должна быть не менее 5 га исходя из нормы 4-9 м² на одного жителя данного района. Большая часть сада жилого района (80-85%) предназначена для тихого отдыха и прогулок. Площадки активного отдыха размещаются компактно и изолированно от зоны тихого отдыха. Такие сады обычно имеют свободную пейзажную планировку с наличием открытых полей, газонов, цветников. В зависимости от местных условий для изоляции от городского шума участки садов следует со всех сторон окружать широкой полосой защитных насаждений.

Скверы. Эти объекты обычно создают в общественных центрах городов и поселков, перед общественными зданиями, при группах жилых домов, у историко-архитектурных памятни-

ков и монументов, на улицах и площадях. Их площадь составляет от 0,2 до 2 га. Размеры, форма участка, архитектурно-планировочное решение сквера, расположенного перед общественным зданием, зависят от назначения здания, его масштабов, конфигурации и размещения подходов.

Скверы, предназначенные для кратковременного отдыха пешеходов и жителей микрорайонов, могут создаваться на небольших участках между домами, а также на участках, образовавшихся в процессе реконструкции старой застройки. Зеленые насаждения должны занимать около 70% общей площади скверов, площадки и дорожки – 20-25, сооружения – 2-5%. Необходимым элементом благоустройства скверов является мощение дорожек и площадок в местах наибольшего посещения, которое рекомендуется выполнять из бетонных плит, в скверах прогулочного типа и малопосещаемых – из гравийно-песчаных смесей. Асфальт в скверах применять нецелесообразно.

Бульвары. Они предназначаются для пешеходного движения, прогулок и кратковременного отдыха населения, для разграничения транспортных потоков встречных направлений, а также для защиты жилых территорий со стороны прилегающих транспортных магистралей. Зеленые насаждения на бульварах занимают около 60% территории; аллеи, дорожки и площадки – 38; сооружения – 2%. Бульвар – это объект озеленения, создаваемый также вдоль набережных, улиц, в виде широкой (не менее 16 м) полосы из аллейных посадок деревьев и кустарников. Деревья высаживают с определенным интервалом (не менее 5 м), обеспечивающим вертикальную циркуляцию воздуха под их кронами. Нередко из стриженных кустарников образуют живые изгороди, которые располагают с наружной стороны (от проезжей части улицы). Иногда по сторонам бульвара разбивают газонные ленты и цветочные объекты. В нишах вдоль дорожек устанавливают скамейки.

Насаждения на улицах. Зеленые насаждения на улицах и площадях – неотъемлемый элемент их благоустройства. Цель озеленения – защита пешеходов, домов и квартир от пыли, солнца, шума, ветра, а также архитектурное оформление улиц.

Приемы озеленения различны: одно-, двухрядная посадка деревьев, рядовая посадка деревьев в сочетании с группой или

рядом кустарников, живые стриженные кустарниковые изгороди, газоны, цветники. Применяются также различные сочетания этих приемов. На широких тротуарах магистральных улиц на границе с проезжей частью высаживают по два ряда деревьев. Расстояние между рядами должно быть 3 м. Деревья сажают в полосу газона шириной 4-5 м и размещают в шахматном порядке.

Насаждения ограниченного пользования создаются при детских учреждениях, общеобразовательных школах, лечебных учреждениях.

Насаждения при детских учреждениях. Правильно организованные зеленые насаждения улучшают микроклимат участка, служат живым наглядным пособием для знакомства детей с природой, помогают воспитывать у них эстетическое чувство, любовь к природе. В связи с этим при озеленении территорий детских садов и яслей необходимо использовать наиболее разнообразный породный и видовой состав.

При озеленении этих небольших участков лучше использовать небольшие и средней величины деревья, которые бы не подавляли ребенка своей величиной. Здесь подходят, например, рябина обыкновенная и дуболистная, черемуха обыкновенная и др. В состав насаждений полезно вводить деревья, обладающие фитонцидными свойствами, в том числе и хвойные. Площадь зеленых насаждений должна составлять не менее 50% от общей площади территории, примерно 18-24 м² на одного ребенка.

Озеленение пришкольных участков. Благоустройству и озеленению пришкольного участка придается большое значение, так как он играет важную санитарно-гигиеническую и учебно-воспитательную роль, помогает изучению биологических дисциплин. Пришкольный зеленый участок должен занимать не менее 45-50% общей площади. Размещать и подбирать насаждения следует таким образом, чтобы можно было использовать пришкольный сад в течение всего года.

Деревья и кустарники следует располагать на таком расстоянии от здания школы, чтобы они не затеняли окна (деревья на расстоянии 5-10 м, кустарники – 1,5-6 м в зависимости от их высоты).

Озеленение территорий лечебных учреждений. Цель озеленения территории больниц – создание наиболее благоприятных санитарно-гигиенических условий для лечебных процедур на открытом воздухе, улучшение режима инсоляции внутренних помещений в лечебных корпусах, кроме того, зеленые насаждения благотворно действуют на человека, его настроение и нервную систему. Территорию лечебных учреждений необходимо хорошо изолировать от соседних участков и улиц достаточно плотной, в несколько рядов защитной полосой из деревьев и кустарников. Насаждения должны разделять территорию на различные по функциональному назначению участки. Наиболее важно защитить участок от ветра, пыли и шума. Зеленая площадь лечебных учреждений составляет около 70% территории, а на одного больного должно приходиться не менее 50 м² зеленых насаждений.

Насаждения специального назначения. К ним можно отнести ботанические и зоологические сады, территории выставок, питомников, цветочных хозяйств и другие, близкие по функциям объекты.

Насаждения, неиспользуемые для свободного посещения включают в себя объекты озеленения территорий промышленных предприятий, полигонов захоронения отходов, водозаборов очистных сооружений и т.д.

6.2. Проектирование садово-паркового ландшафта

Задание на проектирование составляет заказчик с привлечением проектной организации. Оно утверждается вышестоящей организацией, которая в дальнейшем утверждает уже готовый проект и сметно-финансовый расчет. В нем должны быть решены вопросы общей архитектуры участка, принцип и характер его оформления как в целом (увязка с общегородским архитектурным ансамблем), так и отдельных его частей. Должна быть определена очередность строительства и последовательность работ. Могут быть приведены также расчеты, определяющие общую ориентировочную стоимость всего строительства или основных его сооружений. Эти расчеты составляются исходя из стоимости аналогичных объектов с учетом конкретных условий.

Проектно-сметные работы. После получения задания на проектирование приступают к разработке технического проекта и составлению рабочих чертежей. Технический проект со всеми входящими в его состав материалами – основной документ, который решает все технические вопросы строительства, определяет его объем и стоимость как в целом, так и отдельных объектов, служит для утверждения строительства объекта и выделения лимитов на его финансирование.

В состав технического проекта входят:

- *ситуационный план*, на котором показаны границы проектируемого объекта, существующая и проектируемая дорожная сеть, красные линии прилегающей застройки, существующие насаждения;

- *генеральный план* с указанием расположения на территории всех основных сооружений и зданий, зеленых насаждений (древесные, кустарниковые посадки, газоны, цветники), дорожно-транспортных сетей и устройств основных магистралей водоснабжения, мелиорации, электроснабжения и т.д.;

- *дендрологический план*, в котором отмечены места посадки, ассортимент, возраст посадочного материала и расстояния между деревьями и кустарниками; для групп, расположенных рядом или в разных частях территории, но состоящих из одинаковых деревьев или кустарников, принимают единую нумерацию (например, 1 – каштан конский, 2 – липа кавказская и т.д.);

- *рабочие чертежи* водоснабжения, канализации, водостоков, мелиорации, освещения и электроснабжения;

- рабочие чертежи вертикальной планировки;

- *смета и пояснительная записка* с расчетами.

Смета – обязательная составная часть технического проекта на любой объект независимо от его размеров и значения. Сметы делятся на разделы по видам работ, в каждом из которых дается подробный их перечень, указываются последовательность выполнения и стоимость. В конце раздела подводятся итоги стоимости работ, включая рабочую силу, материалы, транспорт и начисления. Смета составляется в соответствии с действующими в настоящее время нормами и расценками на строительные материалы и прејскурантами на деревья, кустар-

ники и цветочную рассаду. Это главный документ, на основании которого финансируется строительство. Контроль за выполнением должен осуществляться не только по окончании строительства, но и систематически в процессе работ по отдельным элементам в порядке сопоставления фактических затрат с намеченными. Выходить за рамки сметы не разрешается.

При проектировании зеленых насаждений основное значение придается структуре технического проекта. Он состоит из текстовой и графической частей.

Графическая часть включает в себя:

- 1) копию генерального плана с нанесением проектируемых объектов озеленения (масштаб 1:2000);
- 2) копию почвенной карты с легендой (масштаб 1:2000);
- 3) генеральные планы объектов (масштаб 1:500 или 1:1000);
- 4) рабочие чертежи малых архитектурных форм, озеленения (посадочный и разбивочный чертежи), перспективы, рисунки, эскизы (масштаб 1:500).

Текстовая часть включает в себя:

- 1) общую часть и введение: данные об объеме выполненных изысканий, местонахождении объекта и природные условия; сведения о существующем озеленении и застройке;
- 2) проектируемые мероприятия: распределение выделенной площади под озеленение; обоснование принятого в проекте архитектурно-планировочного решения размещения зеленых насаждений и схемы смешения пород; рекомендуемый ассортимент пород; агротехника (подготовка почвы, посадка, уход); разбивка газонов и цветников; организация работ; объем и очередность выполнения; потребность в механизмах и рабочей силе; эффективность проектируемых мероприятий;
- 3) расчетную часть: пояснения к расчетной части; сводная смета; пообъектные сметы; сметные расчеты (на виды работ); каталог единичных расценок; единичные расценки; калькуляция транспортных расходов на автомобильные перевозки 1 т груза; калькуляция себестоимости материалов;
- 4) приложения: ведомость потребности в посадочном материале, рабочей силе, механизмах и материалах; задание на проектирование; список использованной литературы.

Экономичность озеленения достигается следующими моментами: максимальным учетом и использованием местных природных условий; принципами пейзажного проектирования; применением механизации, для чего укрупняется масштаб отдельных видов парковых устройств; включением крупных древесных массивов из местных пород с учетом и возможности совместного произрастания; увеличением газонных площадей за счет уменьшения цветочного убранства, особенно ковровых растений; уменьшением декоративных форм древесных и кустарниковых пород; применением типовых деталей и малых архитектурных форм, экономичных по конструкциям и отделке; правильной технологией проектирования и производства работ.

Исполнительная часть проекта. Она представлена рядом технических и творческих составляющих.

Предварительные работы включают в себя: очистку территории, ее планировку и подготовку, разбивку на участки в соответствии с проектом.

В *посадочные работы* входят подготовка посадочных мест (ям) и непосредственная посадка деревьев и кустарников.

Дальнейшее обустройство предусматривает устройство газонов, устройство дорожек и площадок, создание газоновых ограждений, оборудование скамеек, корзин для мусора и т.д., прокладку водопровода и отвод поверхностных вод, цветочное оформление (только из многолетников).

Строительство архитектурных и других сооружений и зданий, прудов, водоемов и прочих работ должно быть предварительно учтено в смете. Стоимость и качество зеленого строительства во многом зависят от умелой организации работ, своевременного и четкого обеспечения строительства рабочей силой, материалом, транспортом, от правильной расстановки кадров, соблюдения нормативов, выполнения проекта.

Все работы должны оплачиваться сдельно, по существующим нормам и расценкам. Работы, предусмотренные сметой, но не имеющие норм выработки, должны сдаваться «аккордно», т.е. с указанием их объема и стоимости, но ни в коем случае не повременно. Необходимо стремиться к тому, чтобы обеспечить равномерное распределение работ и выдерживать установленные агротехнические сроки их выполнения.

Формирование садово-паркового ландшафта – это творческий процесс, объединяющий проектирование, строительство и эксплуатацию. Поэтому целесообразно, чтобы на всех стадиях им руководил один зодчий.

6.3. Озеленение сельских поселений

Озеленительные насаждения создаются внутри и вокруг населенных пунктов, ферм, кошар и т.д. в виде аллейных, парковых и куртинных посадок. Ширина защитной полосы насаждений поселения должна быть шириной 20-30 м. К озеленительным посадкам относятся также рощи вблизи населенных пунктов. Озеленительные посадки выполняют мелиоративно-защитные и санитарно-гигиенические функции. Насаждения являются фильтрующей преградой для песка и пыли, переносимых с песчаных территорий. Они улучшают микроклимат и создают более благоприятный режим температуры и влажности воздуха.

Зеленые растения выделяют летучие органические вещества, уничтожающие вредных микробов, и в процессе фотосинтеза – кислород. Кроме того, лесные насаждения благоприятно действуют на ионизацию воздуха как в самих посадках, так и на близкоприлегающих территориях. В насаждениях меньше показатель загрязненности воздуха и большая концентрация легких ионов с отрицательным знаком, которые положительно влияют на организм человека (Смирнов, 1963). Все это указывает на необходимость создания озеленительных посадок. В населенных пунктах в первую очередь нужно озеленять детские сады, площадки, ясли и лечебные учреждения.

Для защиты зданий от перегрева солнечными лучами с южной стороны на расстоянии 4-5 м от стен необходимо высаживать ширококронные деревья. Производственные помещения должны быть отделены от жилой и общественной застройки поселения плотными полосами насаждений с целью защиты от шума, пыли и дыма, неприятных запахов.

При создании рощ и куртинных насаждений около населенных пунктов насаждения размещают со стороны преобладающих ветров. В качестве основных пород при отсутствии

орошения применяются те же, что и при создании полезащитных лесных полос с учетом почвенно-гидрологических условий, но с включением сопутствующих и кустарниковых пород (шелковица белая, абрикос, ясень пушистый, скумпия, смородина золотистая и др.).

Парковые и аллеиные насаждения, а также озеленительные посадки вдоль улиц, около учреждений, кошар, жилых домов и т.д. выращиваются с орошением, ввиду чего здесь применяется самый широкий ассортимент древесно-кустарниковых пород с включением плодовых и экзотов. Из них наиболее ценными для озеленения являются: сосна обыкновенная и крымская, можжевельник виргинский, туя, дуб черешчатый и красный, акация белая, тополя (канадский, пирамидальный, белый и др.), вяз мелколистный и листоватый, клен ясенелистный, абрикос, шелковица белая, груша, яблоня, грецкий орех, смородина золотистая, айва, сирень, акация желтая, скумпия, магония падуболистная и др. На песках же с близкими горько-солеными грунтовыми водами высаживают тамарикс, смородину золотистую, айлант и вяз мелколистный (Смирнов, 1963).

Для условий южной части Западной Сибири подходят тополь бальзамический, сосна обыкновенная, клены ясенелистный и татарский, березы бородавчатая и пушистая, вязы мелколистный, обыкновенный и шершавый, смородина золотистая и черная, яблоня, акация желтая, сирень и др.

Для посадки используют 3-5-летние растения, которые высаживают в ямки с внесенными удобрениями. За саженцами проводят тщательный уход (дополнение посадок, полив, рыхление приствольных кругов или полка и рыхление в рядах и междурядьях, подвязка, борьба с энтомо- и фитовредителями; саженцы охраняют от поломок и повреждений).

6.4. Защитные лесные полосы вдоль шоссеиных дорог

Ландшафтная роль лесных насаждений. Насаждения вдоль автомобильных дорог создают в основном для защиты дорожного полотна от снежных заносов (снегозащитное озеленение) и для архитектурно-художественного оформления дорог (декоративное озеленение).

В незначительных пока размерах используют насаждения для защиты дорог от размывов (противоэрозионное озеленение); от песчаных заносов (пескозащитное озеленение), а также для защиты дорог и автотранспорта от сильных ветров и пыльных бурь. В лесостепной и степной зонах насаждения, создаваемые вдоль автомобильных дорог, имеют и полезащитное значение. Для этого рекомендуется вводить по возможности больше плодовых, ягодных, ореховых и технических пород деревьев и кустарников, чтобы обеспечить обилие продукции этих растений для населения. Используется также и древесина, получаемая в процессе рубок ухода за дорожными насаждениями.

Дорожное озеленение имеет и другие «невесомые» полезные качества. Например, по сообщению М. Бобневой и Райхмана, цвет естественной зелени наиболее благоприятен для человека – он благотворно влияет на психику, уменьшает внутриглазное давление и слепое пятно сетчатки, улучшает слух, кровообращение и мускульно-двигательную работоспособность. Для водителей автотранспорта такое воздействие играет важную роль. Практический опыт Германии, США и других стран показал, что на озелененных дорогах гораздо меньше аварий, чем на дорогах, где пренебрегают озеленением и где однообразие ландшафта повышает утомляемость водителей.

Как следует из зарубежных данных, мелкие деревья и кустарники могут служить эффективным средством для остановки автомобиля, потерявшего управление и съехавшего с дороги. Практические опыты показали, что полоса кустарника высотой 2,5-3,0 м и шириной 7,3 м может остановить без особых повреждений автомобиль весом 1,8 т, движущийся со скоростью 40-50 км/час.

Учитывая скорость движения автомобилей, характер озеленения дорог меняют через 2-10 км, в местах пересечений дорог или у рек, у подъездов к населенным пунктам и т. п.

При озеленении принимается во внимание необходимость обеспечения видимости пересечений и развилки дорог, для чего в соответствующих местах используется низкая растительность – газоны, цветы, низкие кустарники.

Одновременно учитывая роль посадок в ориентировании водителей в смысле указания направления дороги, поворотов и

пересечений в качестве указателей ориентиров, кроме обычных посадок, используются отдельно стоящие высокоствольные деревья.

Озеленение разделительных полос рекомендуется не только для того, чтобы архитектурно художественно оформить дороги, но и по возможности для того, чтобы устранить ослепление водителей от света фар встречных машин.

Снегозадерживающая роль лесных полос. Снегозащитные насаждения по сравнению с искусственными снегозащитными устройствами (переносные щиты, заборы и т.п.) требуют наименьших затрат труда и средств и при соответствующей конструкции и правильном размещении надежно защищают дороги.

В настоящее время даже на важнейших автомобильных дорогах несмотря на наличие снегоочистительной техники, затруднения в движении, вызываемые снежными заносами, отмечаются систематически. Это наносит народному хозяйству огромный ущерб, заключающийся в увеличении себестоимости перевозок и больших транспортных потерях. Известно, что средняя скорость грузовых автомобилей по дорогам с усовершенствованным покрытием хорошего состояния составляет около 70 км/час. В случае снежных заносов средняя скорость резко снижается зачастую до нескольких километров в час.

Себестоимость перевозок резко и прогрессивно увеличивается с уменьшением скорости движения автомобилей. Расчеты показывают, что уменьшение скорости движения от 70 до 40 км/час увеличивает себестоимость перевозок на 1/4, а снижение скорости от 40 до 20 км/час увеличивает себестоимость перевозок вдвое и втрое.

Затраты на зимнее содержание дорог по сравнению с этими транспортными потерями составляют очень незначительную величину. На автомобильных дорогах с интенсивным движением транспортные потери от перерывов и снижение скорости движения при заносах за одни сутки могут не только равняться годовым затратам на зимнее содержание, но и значительно их превосходить.

Все это подтверждает рентабельность зимнего содержания автомобильных дорог и целесообразность затрат на снегозащитные мероприятия.

Правильное сочетание и соотношение мероприятий по снегозащите и снегоочистке, которое не всегда соблюдается, является главным условием рациональной организации зимнего содержания дорог. Следует учитывать, что затраты средств на снегоочистку имеют временный эффект, то есть только на то время, когда проводится снегоочистка, тогда как средства, затраченные на выращивание снегозащитных насаждений, имеют постоянный эффект (пока существуют эти насаждения).

Практика дорожного хозяйства показывает, что из денежных средств расходуемых на зимнее содержание дорог, как правило, более половины затрачивается на мероприятия по снегозащите (снегозащитные щиты, заборы, снежные стенки, насаждения).

Снегозащитные посадки на автомобильных дорогах, создаваемые до последних лет по действовавшим инструкциям, во многих районах оказались недостаточно эффективными. При объеме приносимого к дороге снега свыше 50 м^3 на один погонный метр они не могут обеспечивать защиту дорог от снежных заносов. Больше того, на многих участках автомобильных дорог сформировавшиеся снегозащитные посадки не только не обеспечивают защиту дорог от снега, а зачастую даже усиливают заносы.

Крупнейшим недостатком ранее созданных снегозащитных посадок вдоль автомобильных дорог является малое расстояние от них до дороги, не соответствующее объему приносимого к дороге снега. Это расстояние редко превышает 20 м, а очень часто составляет 15-18 м и иногда всего лишь 11-13 м. В результате этого ширина заветренной части снежного вала получается больше, чем расстояние от посадок до дороги, и снежный вал выходит на проезжую часть, создавая мощные заносы.

Наблюдения за снегоотложениями около различных лесных полос указывают на то, что расширение междурядий в определенных пределах и связанное с этим уменьшение числа рядов в общем не может значительно изменять снегосборную способность лесных полос. Наблюдения за опытными посадками показали, что объемы задержанного снега при междурядьях шириной 1,5; 3,0; 4,5 и 6,0 м оказались почти одинаковыми.

Поэтому рационально при посадке снегозащитных насаждений перейти от междурядий шириной 1,0-1,5 м при расстоянии между сеянцами в рядах 0,7-1,0 м к тракторопроходимым междурядьям шириной 2,5 м при расстоянии между сеянцами в рядах около 0,4 м.

Ширина междурядий 1,0-1,5 м оправдывалась в прошлом, когда преобладала культивация междурядий на конной тяге. В настоящее же время, как правило, дорожно-эксплуатационные участки располагают тракторами и могут осуществлять механизированный уход за почвой.

В более или менее взрослых насаждениях, в которых закончилось смыкание древесного полога и происходит процесс естественного изреживания, устанавливается биологически возможная густота независимо от ширины междурядий. Однако в молодых посадках расширение междурядий до 2,5 м следует компенсировать сужением расстояний между сеянцами в рядах до 0,4 м, сохраняя общепринятый уровень густоты посадки около 10 тыс. сеянцев на 1 га, чтобы не уменьшать общую густоту молодых насаждений, их снегоборную способность и ускорить срок вступления их в работу.

Всесоюзный научно-исследовательский дорожный институт (РосдорНИИ) в 1957-1960 гг. провел комплекс исследований снегозащитных свойств лесных полос с целью разработки наиболее рациональных конструкций снегозащитных насаждений и их размещения относительно полотна дороги, обеспечивающих надежную защиту автомобильных дорог от снежных заносов.

В результате проведенных исследований были разработаны новые схемы размещения и конструкции снегозащитных насаждений вдоль автомобильных дорог.

Снегозащитные насаждения, созданные по этим схемам, обеспечивают задержание снега объемом (W) от 25 до 200 м³ на один погонный метр, не допуская при этом выхода снежного вала на проезжую часть дороги.

Узкие малорядные полосы исключают опасность снеголома насаждений и уменьшают площадь снегозащитных посадок, благодаря чему экономятся затраты труда, средств и земельной площади на их создание.

Вместо вредного переувлажнения дороги и снеголома насаждений собранный полосами снег при такой системе будет использован сельским хозяйством при занятии разрывов под плодово-ягодные культуры или многолетние травы, наиболее отзывчивые на дополнительное увлажнение. Имеющиеся данные наблюдений за снегозащитной работой насаждений указывают на возможность достаточно надежной защитой дорог (в нулевых отметках и выше) одной 6-рядной лесной полосой, расположенной в 50 м от дороги, при объеме приносимого снега свыше 100 м³ на один погонный метр. Это связано с тем, что за шлейфом мощного снежного вала, отложившегося за плотной лесной полосой, то есть на расстоянии около 50 м от полосы, обычно имеется зона выдувания снега. В этих зонах выдувания снег откладывается более тонким слоем, чем в открытых не защищенных от ветра пространствах. Любой из применяемых способов защиты дорог от снежных заносов (лесными насаждениями, переносными щитами, заборами и т.п.) является нерациональным с государственной точки зрения прежде всего потому, что это снег, сдуваемый с полей, теряется как ресурс, особенно на территориях с недостаточным количеством летних осадков.

Кроме того, собираемые у дороги снежные валы ломают защитные устройства, а при таянии увлажняют насыпи и вызывают эрозию почвы, что приводит к преждевременному разрушению дороги. Совершенно очевидно, что снег надо задерживать на полях, а не около дороги.

Снегозадержание на полях осуществляется в основном при помощи системы полезащитных полос, кулис из высокостебельных сельскохозяйственных растений, снегопахания и т. п.

Мероприятия на сельскохозяйственных угодьях – важное звено защиты дорог от снега и усиления эффективности лесных полос.

К этим мерам относится оставление стерни на поверхности почвы при уборке зерновых культур, посев кулис, снегопахание.

Оставление стерни на поверхности почвы с последующей обработкой плоскорезущими орудиями осенью позволяет на 80-90% удержать снег на месте его выпадения. В Алтайском

крае 20-25% от годового количества – это твёрдые осадки. Стерня позволяет удержать слой снега высотой 25 см, т.е. 75 мм воды.

По отвальной зяби снос снега в отдельные годы может быть до 90%, поэтому он отлагается в районе автомобильной дороги.

Посев кулис. Проводится на паровых полях и в посевах зерновых культур. Культуры в наших условиях: подсолнечник и горчица. Срок посева – с середины до конца июля. Расстояние между рядами кулис – от 10 до 28-30 м, количество строчек в рядке – 3.

Снегопахание. Это мероприятие производят снегопахом-валкователем СВУ-2,6 при помощи бульдозеров и другими машинами.

Таким образом, успешная эксплуатация автодорог в зимних условиях возможна только с применением комплекса мер как на дороге, придорожной её части – 50-70 м, так и на сельскохозяйственных угодьях, расположенных в наветренной части на расстоянии 1 км от дороги.

6.5. Защитные лесные полосы вдоль железных дорог

Впервые лесные породы для защиты железных дорог от неблагоприятных природных факторов начали применять на Московско-Нижегородской железной дороге, где в 1861 г. были посажены двухрядные живые изгороди из ели с целью предотвращения заносов пути от снега.

Виды защиты лесных насаждений и их значение. В зависимости от выполняемой основной защитной роли железно-дорожные лесные насаждения делятся на следующие виды: снегопоглощающие, ветроломные, пескоукрепительные, почвоукрепительные, водорегулирующие, волногасящие и озеленительные. Снегопоглощающие посадки составляют 61,2% всей площади лесных насаждений, ветроломные – 22,6 и пескоукрепительные – 3,8%. Все остальные виды насаждений имеют пока еще небольшой удельный вес.

Железные дороги России в зимнее время почти на всем своем протяжении подвергаются в той или иной степени занос-

сам снега. Особенно сильные заносы наблюдаются в открытых степных районах Западной и Средней Сибири, Зауралья, Южного Урала и Поволжья, где имеются огромные снегосборные площади и отмечаются обильные снегопады с частыми и сильными метелями. В этих регионах за зиму к железнодорожному полотну приносит по 200-500 м³ снега на 1 пог. м пути, а в районе станции Алейская (Западно-Сибирская железная дорога) и некоторых других местах зафиксированы случаи приноса снега до 1200 м³ на 1 пог. м пути. Такую массу снега задержать на подступах к путям при помощи механических защит практически бывает невозможным. Переносные щиты в условиях непрерывной метели засыпаются снегом через 10-12 ч, а в период наиболее интенсивных метелей даже через 1-2 ч, требуя затем перестановки (перестановку иногда приходится делать при температурах ниже -20°).

Большим недостатком механических защит является дороговизна этого способа борьбы с заносами и недостаточная надежность. При щитовом ограждении до 35% поземкового снега проходит на путь, который приходится затем убирать. На перегонах, ограждаемых переносными щитами, для очистки пути от снега в период интенсивных метелей снегоочистители пропускают через каждые 2-3 ч. Это нарушает движение поездов по графику и снижает пропускную способность железной дороги.

Многолетний опыт эксплуатации лесных насаждений показал, что они являются самым надежным, долговечным и дешевым средством защиты путей от снежных заносов. Правильно запроектированные защитные лесные насаждения могут полностью задержать и аккумулировать весь приносимый к путям метелями и поземками снег при любой их интенсивности и продолжительности.

Конструкции снегопоглощающих лесных насаждений.

По своему строению снегопоглощающие лесные полосы можно разделить на три группы:

- 1) сплошные многорядные лесные полосы;
- 2) многорядные лесные полосы с разрывами;
- 3) узкополосные насаждения с разрывами.

Сплошные многорядные снегопоглощающие лесные полосы. Многорядные лесные полосы из лиственных пород начали

применять раньше, чем лесные насаждения других конструкций, поэтому наиболее часто такие насаждения встречаются вдоль железных дорог европейской части России.

Многорядные снегопоглощающие лесные полосы с разрывами имеются теперь почти на всех железных дорогах России, расположенных в лесостепной, степной и сухостепной зонах. Чаще всего они состоят из двух, реже трех лесных полос, разделенных разрывами шириной 10-30 м. Со стороны поля обычно расположена более широкая полоса (20-30 рядов), все остальные в 1,5-2 раза уже.

Узкополосные лесные насаждения с разрывами. Снегопоглощающие лесные насаждения такого вида представляют собой систему узких (5-9-рядных), но густых (размещение 1,5×0,75 м) лесных полос, отдельных друг от друга разрывами шириной 10-30 м, постоянно содержащихся в состоянии черного пара.

Наибольшее распространение система узких полос получила в острозасушливых районах юго-востока.

Наибольшую ценность для защитных лесных насаждений представляют долговечные и устойчивые породы с быстрым ростом, густым ветвлением, хорошей побегопроизводительностью и сопротивляемостью пологам при навале на них больших масс снега. Наряду с ними находят применение и другие успешно произрастающие, но не обладающие такими свойствами лесные породы. Для их хорошего роста обычно требуется правильное сочетание с другими породами в насаждении.

В лесных сплошных полосах и многорядных полосах с разрывами наибольшее распространение получила так называемая цикловая схема смешения. В этой схеме смешения главные породы сочетаются с кустарниками и подгоночными породами. Каждый цикл состоит из четырех рядов, чередующихся по схеме: главная порода-кустарник-сопутствующая порода-кустарник и т.д.

В качестве главной породы в лесные насаждения такого типа чаще всего вводился дуб. При удачном подборе спутников обычно получали хорошие трехъярусные лесные насаждения.

Полевые опушки в лесных полосах подобных конструкций, как правило, состоят из шести рядов и включают в себя: два ряда (крайних к полю) колючих кустарников (лох, боярышник, облепиха и шиповник); два ряда (третий и четвертый ряды) высоких неколючих и устойчивых против снеголома кустарников (клен татарский, акация желтая и др.) и два ряда быстрорастущих и густоветвящихся в молодом возрасте древесных пород.

Ветроломные лесные полосы выращиваются на незаносимых снегом участках железнодорожных путей, подвергающихся воздействию больших скоростей ветра. К таким местам относятся ветроударные склоны, высокие открытые водоразделы и все другие элементы рельефа в районах, подверженных образованию гололеда.

Пескоукрепительные лесные насаждения. В защите от почвенных заносов главным образом нуждаются железные дороги, пересекающие полупустынные и пустынные районы нашей страны. Наибольший вред песчаные заносы приносят Средне-Азиатской, Казахской (район Балхаша и Приаралья), Северо-Кавказской (линия Кизляр-Астрахань) и Приволжской (Астраханская линия) железным дорогам.

Наиболее широко пескоукрепительные работы проводятся на Средне-Азиатской дороге. Здесь для предохранения высаженных растений от выдувания применяется так называемая индивидуальная защита лесных культур, состоящая в пригребании песка к растениям, с последующей обкладкой холмиков травой. Наилучший эффект в таких условиях дает устилочная защита из травы, которая оказывает положительный эффект и на гидротермический режим песков (Проволович А.И., 1957).

Почвоукрепительные лесные насаждения создаются на крутых склонах, откосах размывов и оползнях. Выращиваются они здесь как для закрепления, так и для предупреждения образования размывов и оползней в потенциально опасных местах.

Трудность проведения эффективных лесомелиоративных мероприятий по борьбе с эрозийными и оползневыми явлениями в условиях железнодорожного транспорта заключается в том, что лесомелиораторы дорог не имеют почти никакой возможности вести борьбу с причинами этих явлений (неурегулированный сток), так как вся водосборная площадь находится за гра-

ницами земель, отводимых для железных дорог. В связи с этим основные условия приходится направлять на борьбу с последствиями.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите особенности и роль зеленых насаждений населенных пунктов, насаждений вдоль шоссе и железных дорог.

2. Охарактеризуйте насаждения общего пользования в городах и других населенных пунктах.

3. Что такое объекты озеленения ограниченного пользования в городах?

4. Что такое насаждения специального назначения и насаждения неиспользуемые для свободного поселения?

5. Какие разделы входят в состав технического проекта?

6. Из каких документов состоят графическая и текстовая части проектов?

7. Покажите роль и значение объектов озеленения сельских поселений.

8. Охарактеризуйте зеленые насаждения шоссе и дорог, покажите их экономическое и эстетическое значение.

9. Каковы задачи издания защитных лесонасаждений при железных дорогах?

10. Назовите конструкции лесных насаждений вдоль железных дорог.

ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

ВВЕДЕНИЕ

Водному хозяйству отведено три главы, где рассмотрены вопросы классификации водохозяйственных объектов, водохозяйственных комплексов и систем, планированию и оперативному управлению в решении проблем водного хозяйства.

Рациональное управление количеством и качеством водных ресурсов в народном хозяйстве должно осуществляться в соответствии с едиными требованиями и нормами, четкой системой управления. Эти задачи возлагают на водное хозяйство страны.

Водное хозяйство – отрасль науки и техники, задачей которой является обеспечение народного хозяйства водой в нужном объеме, режиме, качестве и месте, осуществляющая воспроизводство водных ресурсов, их охрану от истощения и загрязнения, защиту окружающей среды от вредного воздействия вод.

Водное хозяйство состоит из двух основных элементов: водообеспечивающие и потребляющие.

Водообеспечивающие элементы представлены объектами второго уровня:

- водный фонд, объединяющий все водные объекты – реки, моря, озера, подземные воды, каналы, водохранилища и т.п.;
- водохозяйственное производство, состоящее из русловых сооружений, обеспечивающих регулирование и территориальное перераспределение стока (плотины, водохранилища, каналы и др.), а также водозаборы и вооружения по защите от вредного воздействия вод (дамбы, устройства от размыва в каналах и др.).

Потребляющие элементы содержат следующие объекты второго уровня:

- сооружения, обеспечивающие технологическое и социально-бытовое водопользование, и его рационализацию (насосные станции, водопроводы и пр.);
- сооружения по очистке и отводу сточных вод.

ГЛАВА 1. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Функции водного хозяйства реализуются с помощью различных водохозяйственных и гидротехнических объектов межотраслевого и отраслевого назначения, водохозяйственных комплексов, систем и агро-, лесотехнических мероприятий.

1.1. Водохозяйственные объекты

К водохозяйственным объектам относятся все гидротехнические сооружения: плотины, здания ГЭС, водосбросные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений и разрушений берегов водохранилищ и дна русел рек; дамбы, ограждающие хранилища жидких отходов промышленности и сельскохозяйственных организаций; устройства от размыва каналов и другие сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов.

К сооружениям, обеспечивающим охрану водных ресурсов от загрязнения, могут быть отнесены различные стационарные или передвижные очистные сооружения (региональные, городские, отдельных предприятий и животноводческих комплексов), земельные поля орошения.

Водообеспечение отраслей народного хозяйства связано с созданием водохранилищ комплексного и отраслевого назначения, сооружений для территориального перераспределения стока.

Для борьбы с вредным воздействием вод в первую очередь сооружают водохранилища, защитные дамбы, а также проводят агро- и лесотехнические мероприятия.

Водные ресурсы Алтайского края представлены поверхностными и подземными водами. Ресурсами поверхностных вод Алтайский край в среднем обеспечен удовлетворительно. Речная сеть состоит из более 17 тыс. водотоков общей протяженностью свыше 51 тыс. км. Главная водная артерия Алтайского края – р. Обь, длина которой в пределах края 493 км. Крупнейшими притоками р. Оби на территории края являются реки Бия,

Катунь, Алей, Чарыш, Чумыш, Барнаулка (Винокуров, Малолетко, 1980; Материалы..., 2001).

Ресурсы поверхностных вод Алтайского края составляют $53,5 \text{ км}^3$. Однако распределение их по территории края очень неравномерно. 99% стока приходится на р. Обь и ее притоки и лишь 1% – на область замкнутого Обь-Иртышского междуречья (Кулундинская степь), занимающем 30% территории края.

На территории края более 11 тыс. озер, из них свыше 230 – площадью более 1 км^2 . Наиболее крупные находятся в степной зоне края: Кулундинское площадью 728 км^2 , Кучукское – 181 км^2 , Горькое (Романовский р-н) – 140 км^2 , Большое Топольное – $76,6 \text{ км}^2$, Большое Яровое – $66,7 \text{ км}^2$.

Для аккумуляции речного стока малых рек в крае построено около 60 водохранилищ объемом более 1 млн м^3 каждое и более сотни прудов.

Наиболее крупным является Гилевское водохранилище на р. Алей объемом 471 млн м^3 , предназначенное для водоснабжения промышленных предприятий бассейна р. Алей, населения и орошения земель (Винокуров, Воронин, 1980).

Промышленные и иные предприятия края имеют 18 водозаборов из поверхностных водных объектов более 1 млн м^3 каждый. Наиболее крупными водохозяйственными объектами с водозаборами из поверхностных вод являются:

- городские водозаборы (Барнаул, Рубцовск, Камень-на-Оби – производительность составляет 100, 40, 43 млн м^3 в год);
- водозабор Алейской оросительной системы из р. Алей (производительность – 34 млн м^3 в год);
- водозабор Кулундинского канала из р. Обь (производительность – 396 млн м^3 в год).

Сбросы промышленных сточных вод в поверхностные водные объекты осуществляются через 43 организованных водовыпуска. Для очистки коммунально-бытовых и промышленных стоков в крае имеется около 400 канализационных очистных сооружений общей производительностью 910 тыс. м^3 .

На территории края имеются значительные запасы подземных вод в пределах Кулундинско-барнаульского артезианского бассейна. Потенциальные эксплуатационные ресурсы пресных вод составляют порядка 50 млн м^3 в сутки. Однако исполь-

зуются в крае менее 5% общих запасов и менее 20% пресных подземных вод от общих прогнозных эксплуатационных запасов.

В крае на подземных водах эксплуатируется более 12 тыс. водозаборных скважин, обеспечивающих хозяйственно-питьевое водоснабжение населенных пунктов, нужды животноводства, промышленных производств и орошение сельскохозяйственных земель. Построено около 50 кустовых водозаборов подземных вод производительностью более 1 млн м³ в год каждый, в том числе водозабор Чарышского группового водопровода производительностью 21,2 млн м³ в год. В настоящее время он обеспечивает водоснабжение 82 населенных пунктов и 11 промышленных предприятий.

Крупные групповые водозаборы подземных вод действуют в Барнауле, Бийске, Новоалтайске, Заринске, Славгороде, Горняке, Белокурихе, Змеиногорске, Алейске с водоотводом порядка 0,5 м³/сутки.

Важную роль в обеспечении функционирования мелиоративных систем играют каналы по отведению поверхностных сбросов и дренажных вод за пределы орошаемых массивов. На двух крупнейших в крае оросительных системах – Алейской ОС и Новотроицком опытно-производственном массиве построена коллекторно-дренажная сеть. На Алейской оросительной системе протяженность открытых коллекторов составляет более 300 км, сброс дренажных вод осуществляется в р. Алей и прилегающие озера.

1.2. Водохозяйственные комплексы и системы

Общие положения. Водохозяйственный комплекс (ВХК) представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водохозяйственный комплекс бассейна реки – это совокупность водных ресурсов бассейна, а также размещенных на его территории сооружений, предназначенных для формирования, транспортировки и регулирования стока, объектов водопотребления и водоотведения. В то же время ВХК можно рассмат-

ривать как совокупность мероприятий и сооружений по рациональному использованию водных и связанных с ними природных ресурсов, позволяющих оптимально удовлетворить всех водопользователей имеющимся ресурсом воды.

При правильном обосновании ВХК должен обеспечить наибольшую экономическую эффективность в целом, а не для какой-либо отдельной отрасли; не допускать вредного воздействия на окружающую среду. Сооружения участников ВХК должны способствовать охране вод от загрязнения и истощения; обеспечивать достаточно простую и надежную эксплуатацию.

Водохозяйственный комплекс включает в себя ряд участников. К ним относятся: водоснабжение, водоотведение, гидротехнические мелиорации, гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, здравоохранение, водные рекреации и др. В гидротехнические мелиорации входят оросительные и осушительные работы, осуществление мероприятий по борьбе с вредными воздействиями вод: защита от наводнений, борьба с водной эрозией, селевыми потоками, оползнями и разрушением берегов, а также с заболачиванием и засолением почв. Учитывая существующую экологическую обстановку, в число участников ВХК целесообразно включать и природные комплексы.

Требования, предъявляемые к водохозяйственному комплексу:

- рациональное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве и соответствующего качества;
- сохранение природных условий и гарантии охраны воды от загрязнения, засорения и истощения;
- обеспечение наибольшего народнохозяйственного экономического эффекта;
- гарантии простой и надежной работы.

Государственная и хозяйственная деятельность водохозяйственных комплексов осуществляется в соответствии с Водным законодательством России, в котором отражены основные положения о порядке использования и охраны рек, озер, водохранилищ, других поверхностных и подземных водных объектов.

Водопотребители и водопользователи. Участников ВХК условно можно разделить на водопотребителей и водопользователей.

При *водопотреблении* воду изымают из водных объектов, часть которой после использования возвращается в этот же или другой водный объект (например, при испарении), а часть теряется безвозвратно, так как входит в состав вырабатываемой продукции.

Основными водопотребителями являются промышленность, коммунальное водоснабжение и сельскохозяйственное орошение. Последнее потребляет около половины воды, используемой в народном хозяйстве. Возвратные воды имеют, как правило, иной качественный состав, и для возможности дальнейшей биологической очистки и использования этих вод их необходимо разбавлять.

При *водопользовании* воду не изымают из водных объектов. Водопользование имеет место в гидроэнергетике, водном транспорте, сплаве леса, рекреации, частично в рыбном хозяйстве.

Однако по мере более глубокого использования водных ресурсов грани между водопотребителями и водопользователями стираются. Так, при создании энергетических водохранилищ значительная часть воды теряется на испарение и фильтрацию и пропадает для остальных участников комплекса. Такое же явление в больших масштабах наблюдается и на водохранилищах, которые используют в системе охлаждения тепловых и атомных электростанций. Аналогичные доводы можно привести относительно использования воды в рыбном хозяйстве, когда для нереста затапливают обширные мелководья, хорошо прогреваемые солнцем, с которых происходит значительное испарение воды.

Поэтому более правильно будет объединить эти две категории в одну с общим названием – водопользователи.

В *водопользовании* существенную роль играют водопотребление и водоотведение. *Водопотреблением* называют потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения, а *водоотведением*, или сбросом сточных вод, – удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или дру-

гих мест использования. В объем водоотведения входит суммарное количество всех видов сточных вод, отводимых непосредственно в водоемы, подземные горизонты и бессточные впадины, на ведомственную очистку, а также другим организациям.

В *водопотреблении* учитывают не только непосредственное использование воды, но и потери на испарение и фильтрацию из каналов и водохранилищ.

С точки зрения использования и охраны водных ресурсов производственная деятельность водопотребителей характеризуется:

общим водопотреблением – суммой забора свежей и оборотной воды за единицу времени (год, сутки, час, секунду);

забором свежей воды – водозабором из водного объекта;

забором оборотной воды – водозабором из системы замкнутого водоснабжения;

водоотведением – сбросом в водный объект, в замкнутые понижения или подземные горизонты;

безвозвратным водопотреблением – забором свежей воды за вычетом водоотведения;

объемами сброса загрязнений – объемами загрязняющих веществ в сбрасываемой воде за вычетом содержания этих веществ в воде, забираемой из источника;

тепловым загрязнением – количеством тепла, сбрасываемого в водный объект, определяемым по расходу сбрасываемой воды и повышению температуры в сбросных водах по сравнению с температурой забираемой воды.

Водопользователи характеризуются величиной необходимых расходов (гидроэнергетика) и уровней воды (судоходство, гидроэнергетика, рыбное хозяйство, рекреация, природные комплексы), а также влиянием их на качество воды.

Важная особенность участников водохозяйственного комплекса – взаимное несовпадение требований к режиму водотока во времени.

Несогласованность водопотребления и водоотведения между участниками (компонентами) ВХК приводит к противоречиям. Так, водный транспорт заинтересован в поддержании судоходных глубин в нижнем бьефе ГЭС в навигационный пери-

од, а гидроэнергетика, наоборот, – в накоплении воды в водохранилище для более интенсивного использования ее в осенне-зимний пик загрузки. Во время половодья гидроэнергетика заинтересована в накоплении воды в водохранилище, а рыбное хозяйство требует значительных попусков из водохранилища для поддержания оптимальных глубин нерестилищ и мелководий, в которых обитает рыба. Разрешают эти противоречия при формировании ВХК и при оптимальном функционировании.

Существуют противоречия и в требованиях к качеству используемой воды. Гидроэнергетика, судоходство, лесосплав предъявляют жестких требований к загрязненности воды. Для здравоохранения, водоснабжения, рыбного хозяйства и орошения, отдыха на воде качество воды имеет существенное значение, поэтому и это учитывают на стадии формирования ВХК.

1.3. Классификация водохозяйственного комплекса

Водохозяйственный комплекс (ВХК) классифицируют по масштабам их распространения, типам сооружений, числу участников. По масштабам распространения выделяют глобальные, или межгосударственные, государственные, зональные, бассейновые и ВХК части бассейнов.

Глобальные, или межгосударственные – это проекты использования водных ресурсов пограничных рек или рек, проходящих транзитом через ряд стран.

Государственные – это ВХК, возникающие при реализации таких проектов, как создание единой водохозяйственной системы страны (ЕВХС).

Общим признаком государственного ВХК служит рассмотрение и признание водохозяйственной проблемы в масштабах всей страны на основе долгосрочных прогнозов экономического развития государства с учетом общих политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК предусматривают решение водохозяйственных проблем в том или ином экономическом регионе страны. Основная цель такого комплекса – совершенствование водного хозяйства и наиболее полное и эффективное использование его возможностей для развития данного экономического района.

Бассейновые ВХК наиболее полно разработаны как в мелиорации, так и в энергетике. Практически по всем бассейнам крупных рек составлены схемы комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов с перспективой на 15-20 лет.

В бассейновых схемах ВХК более полно учитывают природные и социально-экономические особенности рассматриваемых районов.

ВХК части бассейнов формируют после рассмотрения состава ВХК более высоких порядков, представленных шестью составляющими (рис. 1.3.1). Рассматривают и формируют ВХК части бассейнов на основе проектных решений, уточняя схемы использования участков реки: более детально изучают притоки основной реки на данном участке, рассматривают возможности их комплексного использования, учитывают возможности совершенствования природной среды, устранения эрозионных процессов и другие вопросы водно-земельного благоустройства и водопользования.

ВХК классифицируют также по типам сооружений и по числу участников (рис. 3.1.1 а). Одноузловые отраслевые ВХК имеют либо энергетическое, либо ирригационное назначение.

По мере развития народного хозяйства в данном бассейне одноузловые ВХК трансформируются в многоузловые, или каскадные межотраслевые, ВХК (рис. 3.1.1 в). Это наиболее распространенный тип ВХК в нашей стране и за рубежом. Такие водохозяйственные комплексы сформированы на каскадах гидроузлов по рекам Волге, Днепру, Енисею и др. Формирование такого ВХК завершается с окончанием строительства всего каскада, поэтому получение полного народнохозяйственного эффекта может затянуться на ряд лет. Однако такие комплексы стимулируют интенсивное развитие народного хозяйства в данном районе, способствуют рациональному использованию водных ресурсов.

В том случае, если водных ресурсов одного бассейна не хватает для формирования ВХК, то возможно создание межбассейнового отраслевого, а затем и межбассейнового многоотраслевого ВХК (рис. 3.1.1 г, д). Крупномасштабность таких мероприятий затрагивает обычно ряд отраслей, сказывается на изменении

природной среды, экономических и социальных аспектах. Такой ВХК сформирован на базе Каракумского канала, участниками которого являются ирригация, водный транспорт, рыбоводство, сельское хозяйство, коммунально-бытовое водоснабжение, обводнение. Проекты ВХК более широкого масштаба будут реализованы при создании единой водохозяйственной системы определенных регионов, а затем и всей страны в целом. При полном выполнении этих проектов объем изъятия стока значительно возрастет. Такие изменения естественных условий могут дать не только положительный, но и отрицательный эффект.

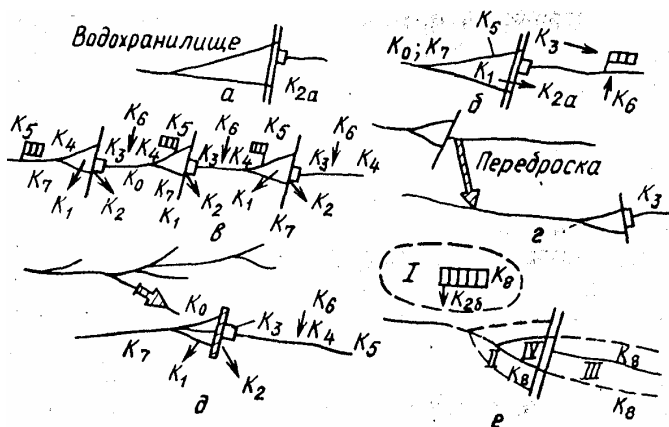


Рис. 1.3.1. Типы ВХК:

- a, б* – одноузловые отраслевой и межотраслевой;
- в* – каскадный межотраслевой; *г* – межбассейновый отраслевой
- с локальной переброской стока; *д* – межбассейновый многоотраслевой;
- е* – природоохранный; K_0 – здравоохранение; K_1 – водоснабжение,
- K_{2a} – орошение; $K_{2б}$ – осушение; K_3 – энергетика; K_4 – транспорт;
- K_5 – рыбное хозяйство; K_6 – водоотведение; K_7 – отдых;
- K_8 – природные комплексы.

Зоны влияния:

- I* – осушения (понижение УГВ, переосушка, снижение продуктивности лесов);
- II* – водохранилища (подтопление, мелководья, переработка берегов);
- III* – зарегулированного расхода в русле реки (отсутствие паводков, пересыхание поймы, засоление земель);
- IV* – водоотведение для контроля качества воды

Водохозяйственные комплексы Алтайского края по масштабам распространения относятся к бассейновым и водохозяйственным комплексам части бассейнов. По типу они чаще всего одноузловые отраслевые и межотраслевые ВХК.

В связи с тем, что ВХК тем или иным способом влияет на окружающую среду, особенно при водоотведении, необходимо выделение еще одного типа ВХК – водоохранного, который должен функционировать в системе природоохранного комплекса. Водоохраным комплексом называют систему сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в заданных створах или пунктах водных объектов. Водоохранные комплексы включают в себя объекты осушения, водохранилища, поймы, загрязненные участки водных объектов и сооружения, предотвращающие отрицательное влияние ВХК.

Наводнения, водная эрозия, включая сели, оползни, разрушение берегов (получившие название вредного воздействия вод), – распространенные явления, характеризующиеся разрушением хозяйственных построек, гибелью людей, снижением плодородия почв на обширных территориях. Они наносят немалый экономический и экологический ущерб. Борьба с этими явлениями – одна из задач водного хозяйства, решать которую надо одновременно с водохозяйственным строительством, мелиорацией земель и включать в ВХК в качестве самостоятельного участника.

Причинами наводнения являются: интенсивное таяние снегов (весной) и ледников (летом); сильные и длительные ливни; заторы и зажоры льда; разрушение дамб и плотин; ветры со стороны моря и т.п. При наводнениях значительно повышается уровень воды в водотоках и увеличиваются расходы воды. Наиболее распространенная мера борьбы с наводнениями – строительство крупных водохранилищ. Защитить значительные территории от затопления можно построив специальные дамбы. Снизить пики половодий можно, проведя различные лесомелиоративные и агротехнические мероприятия: посадку леса, кустарников, снегозадержание, пахоту поперек склонов. Все это способствует переводу поверхностного стока в подземный. При этом уменьшается высота дамб, а следовательно, и стоимость сооружения.

Эрозия почв – процесс разрушения и сноса почвенного покрова потоками воды и ветром (дефляция). Наиболее опасна водная эрозия, проявляющаяся в виде овражной эрозии и оползней. Средняя скорость образования оврагов составляет 1-25 м в год. Наиболее эффективные меры борьбы с овражной эрозией – лесотехнические мелиорации, создание специальных ливнесбросных конструкций и т.п.

В Алтайском крае овражная эрозия распространена преимущественно по берегам р. Обь и ее притоков (р. Алей, Чарыш и Чумыш). Кроме этого проявления овражности наблюдаются и в степной части края – в руслах пересыхающих рек и временных водотоков.

По левому берегу р. Обь в районе г. Барнаула отмечаются оползневые процессы, которые приносят значительный вред и вызывают опасность для города.

Селевые (грязе-каменные) потоки – наиболее опасные формы водной эрозии в горных районах. Для защиты от селевых потоков сооружают специальные селезащитные дамбы.

1.4. Водохозяйственные системы

Водохозяйственная система (ВХС) – это комплекс взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод участниками ВХК.

К водохозяйственным системам (ВХС) относят водохранилища, каналы различного назначения, мелиоративные системы, системы технического водоснабжения промузлов, предприятий, электростанций, системы очистки и сброса сточных, коллекторно-дренажных вод. Водохозяйственные системы – это все гидротехнические сооружения и узлы гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство в Алтайском крае в большинстве случаев имело целью создание условий для орошения сельскохозяйственных земель. Пруды и водохранилища, которых в крае около 200 шт., предназначались в основном для целей орошения.

Существует три аспекта описания ВХС: морфологический, функциональный и информационный.

Морфологически ВХС может быть расчленена на иерархические уровни по территориальному признаку. Водохозяйственная система страны объединяет региональные ВХС, которые в свою очередь состоят из бассейновых систем. Внутри бассейнов можно выделить водохозяйственные районы и водохозяйственные участки. Основным элементом ВХС водохозяйственного участка является комплексный гидроузел – плотина и образованное ею водохранилище с совокупностью технических устройств, предназначенными для многоцелевого использования водных ресурсов на выделенном водохозяйственном участке.

В качестве примера можно рассмотреть водохозяйственную систему Западной Сибири, которая включает в себя ВХС бассейнов р. Обь и Енисея. Бассейновая ВХС р. Обь может быть расчленена на ВХС верхней, средней и нижней Оби. Каждая из этих ВХС состоит из нескольких водохозяйственных участков, на которых расположены комплексные гидроузлы, образующие вместе каскад гидроузлов. Каждый комплексный гидроузел может иметь гидроэлектростанции, водозаборные станции, нерестилища и т. п.

В задачи функциональной структуры ВХС входят: добыча (регулирование) водных ресурсов, транспортировка, распределение их между потребителями, сбор сточных вод и подготовка их для повторного использования. Многообразие элементов ВХС предопределяет наличие больших информационных потоков между ними. Это вызывает необходимость специального информационного описания ВХС –совокупности данных, которые взаимодействуют и преобразуются в процессе ее функционирования.

Таким образом, иерархическая структура, наличие большого числа разнородных элементов, рассредоточенных на значительной территории, многообразие функций – отличительные черты ВХС.

К особенностям ВХС относят:

–многообразие взаимодействия с окружающей средой, большое влияние на окружающую среду, которое необходимо учитывать при управлении функционированием ВХС;

– недостаточная достоверность информации о водопотреблении и водоотведении;

– многообразие прямых и обратных связей между элементами системы (гидравлические, технические, социальные, экономические, информационные);

– функционирование в условиях случайных воздействий;

– длительность формирования и непрерывность развития;

– высокая капиталоемкость и вследствие этого большой ущерб от неудачных экономических решений;

– неопределенность исходной информации при планировании развития ВХС, которая возникает ввиду того, что величины, определяющие будущее водопотребления (информация о развитии производства, изменениях демографической ситуации, технико-экономических показателях), обычно задаются со значительной неопределенностью вследствие своего прогнозного характера;

– противоречивость требований к режиму источника водопотребителей, являющихся участниками ВХК;

– возможность многократного использования ресурса;

– возможность замены водного ресурса другим для отдельных участников ВХК;

– возможность значительного антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Перечисленные свойства ВХС (многочисленность и неоднородность элементов, связей между ними, функций, наличие неопределенностей и т. д.) позволяют отнести их к большим кибернетическим системам, что обуславливает особенности управления ими.

Управление ВХС можно расчленить на ряд задач, которые условно объединим в две группы: формирование структуры вновь создающейся или развивающейся ВХС и управление режимами работы функционирующей ВХС.

При решении задач первой группы осуществляют долгосрочное планирование использования водных ресурсов. При этом учитывают, что ВХС – составная часть ВХК, который, в свою очередь, есть подсистема народнохозяйственного комплекса соответствующей территории.

В первой группе задач обосновывают и определяют:

- размещение по территории, состав и мощность водоемких производств;
- размещение водохранилищ и их параметры;
- размещение, параметры и состав водохозяйственных объектов (водозаборных устройств, каналов и т. п.);
- мероприятия по охране природы, поддерживающие высокое качество воды в бассейне при проведении водохозяйственных операций.

На каждом уровне иерархии ВХС решает свой комплекс задач по формированию ее структуры. Имеется ряд задач, которые являются общими для нескольких уровней, но степень детализации в них различна. Например, размещение водоемких производств можно обосновывать на уровне страны, региона и бассейна, а определять состав, параметры и место водохозяйственных объектов – на уровне бассейна и водохозяйственных участков и т.п. На всех уровнях устанавливают состав природоохранных мероприятий при проведении водохозяйственных работ.

Вторая группа задач может быть разделена на две подгруппы: выработка плана работы функционирующей или планируемой ВХС на некоторый период и реализация этого плана. В результате решения задач первой подгруппы определяют планируемые объемы попусков воды из верхних бьефов водохранилищ в каждый момент времени, уровни воды в водохранилищах и каналах, режимы работы водохозяйственных объектов.

В соответствии с особенностями планирования использования водных ресурсов расчеты ведут по нескольким вариантам исходных данных (гидравлических, режимов потребления воды сельскохозяйственными, рыбохозяйственными и другими потребителями, требования которых зависят от метеорологических условий, носящих стохастический характер).

При эксплуатации необходимо выбрать вариант плана, наиболее подходящий к конкретной водохозяйственной обстановке, и откорректировать его в соответствии со складывающимися метеорологическими условиями. Реализуют скорректированный план, регулируя потоки воды в водотоках.

1.5. Территориальное перераспределение стока

Для решения водохозяйственных задач необходимо сопоставление имеющихся водных ресурсов с запросами потребителей. Водохозяйственный баланс используется при составлении научно обоснованных планов распределения водных ресурсов, позволяет всесторонне анализировать сложившиеся и ожидаемые режимы расходования водных ресурсов. Для этой цели устанавливают водный баланс в пределах рассматриваемого бассейна, который охватывает соотношение между атмосферными осадками, поверхностными и подземными стоками, испарением и транспирацией влаги растительностью.

Местное регулирование стока может оказаться недостаточным для увязки ВХБ, особенно в маловодные годы. В этом случае дополнительные водные ресурсы получают, перераспределяя сток.

В соответствии с характером и масштабами решаемых задач, водохозяйственные системы территориального перераспределения речного стока можно разделить на три основных вида:

- подача воды от источника в районы непосредственного потребления;
- внутрибассейновые переброски речного стока;
- межбассейновое перераспределение водных ресурсов; оно обеспечивает подачу воды из бассейна донора, для которого характерно изобилие водных ресурсов, в бассейн-водоприемник. Различают два вида межбассейнового перераспределения водных ресурсов: внутризональное и межзональное.

Наиболее распространенный способ перераспределения стока – подача воды по открытым каналам.

Межбассейновое и внутрибассейновое перераспределение стока осуществлено более чем по 50 каналам общим объемом около 100 км³/г. Наиболее крупные каналы, как правило, приурочены к зоне орошения.

В Алтайском крае для подачи воды в степные районы с целью орошения действует Кулундинский магистральный канал протяженностью 180 км, ведущий забор воды из р. Обь, и магистральный канал Алейской оросительной системы протяженностью 90 км, забор – из р. Алей. Кроме того, ведется строительство

Бурлинского канала для увеличения водности р. Бурлы за счет воды р. Обь. Для обеспечения питьевой водой юго-западной безводной части Алтайского края построен Чарышский групповой водопровод. В качестве источника водоснабжения принято Чарышское месторождение подземных вод, расположенное в Шипуновском районе. Протяженность водопровода составляет 1274 км, обеспечивает водоснабжение 142 населенных пункта в 8 административных районах края и 11 промышленных предприятий.

Помимо оросительных каналов, в стране действуют крупные судоходные каналы: Беломорско-Балтийский канал протяженностью 227 км, Волго-Балтийский водный путь длиной 361 км, Волго-Донской судоходный канал длиной 101 км и др.

Поскольку по мере перераспределения воды по каналам качество ее может ухудшаться, предусматривают мероприятия по сохранению качества воды.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое водное хозяйство и основные его элементы?
2. Перечислите основные объекты водного хозяйства.
3. Дайте общее понятие водохозяйственных комплексов.
4. Что понимается под водопотребителями и водопользователями?
5. Дайте классификацию водохозяйственных комплексов.
6. Что такое водохозяйственные системы? Какова связь и отличие ВХК и ВХС?
7. Покажите примеры территориального перераспределения стока в России и Алтайском крае с учетом ВХБ.

ГЛАВА 2. ОТРАСЛЕВОЕ ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И СИСТЕМА ЕГО УПРАВЛЕНИЯ

Все потребители, то есть государственные, кооперативные и общественные предприятия, организации, учреждения и граждане, которые пользуются водой для своих нужд, условно подразделяются на две большие группы: водопользователи и водопотребители. Первые используют ее без изъятия из источника. Вторые изымают воду из источника, используя часть ее безвозвратно.

2.1. Сферы и объекты водопользования и водопотребления

К водопотребителям относят отрасли народного хозяйства, в которых использование воды связано с изъятием ее из источника. При этом часть ее теряется безвозвратно, так как она входит в состав промышленной или сельскохозяйственной продукции, а также испаряется в процессе использования. К этой группе относят промышленное и коммунальное водоснабжение, сельское хозяйство.

К водопользователям относят энергетику, речной транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, рекреации (спорт, отдых, туризм).

Энергетика – один из наиболее крупных водопользователей. На гидроэлектростанциях (ГЭС) энергия водотока непосредственно расходуется на выработку электрической энергии. Режим работы ГЭС характеризуется суточной, недельной и сезонной неравномерностью. Качество воды для работы ГЭС существенного значения не имеет; сами они воду практически не загрязняют.

Резкие и значительные колебания уровней и расходов воды в верхних и нижних бьефах ГЭС отрицательно влияют на условия нереста и нагула рыбы, обитания водоплавающих и околоводных птиц и животных, создают большие затруднения для судоходства и сельскохозяйственного производства в поймах рек.

Водный транспорт и лесосплав предъявляют в основном режимные требования на воду: необходимые глубины и скорость течения, внутрисуточные колебания и интенсивность подъема и спада уровня воды. Режим водопользования – сезонный. Лимитирующий период – летняя межень. Зимой необходим минимальный гарантированный уровень воды для отстоя судов. Речное судоходство и лесосплав отрицательно влияют на качество воды в реках и водохранилищах. В процессе эксплуатации судов в воду поступают масло, отходы нефтепродуктов, пищевые остатки и бытовые стоки. При лесосплаве затонувший лес, разлагаясь, поглощает большое количество кислорода, наносит ущерб рыбе и другим живым организмам.

На шлюзование и обеспечение необходимых глубин при судоходстве и лесосплаве расходуется 1-3% среднегодового объема стока.

Рыбное хозяйство предъявляет свои требования к водному источнику, главные из них – необходимое количество воды для жизни и воспроизводства рыбы, обеспечение соответствующих глубин, скоростей течения и динамики изменения их, особенно в период нереста и зимой. Рыба очень чувствительна к загрязнению воды. Сбросы неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод понижают количество кислорода в воде, повышают концентрации солей в водоемах, оказывают токсическое действие на растительный и животный корм, на самих рыб и их икру. Резкие колебания уровня воды в период нереста приводят к смыву икры при подъеме воды или ее пересыханию – при спаде. Зимой резкое понижение уровня воды может спровоцировать преждевременный уход рыбы из зимовальных ям или, наоборот, закупорку рыбы в зимовальных ямах ледяными глыбами, что снижает воспроизводство, а нередко и вызывает массовую гибель рыбы.

Водные рекреации (спорт, отдых, туризм) в последние десятилетия стали заметными водопользователями. Создание рекреационных зон предъявляет определенные требования к качеству воды, содержанию водоемов, их водному режиму. В то же время рекреационное водопользование является одним из существенных факторов антропогенного воздействия на качество воды – загрязнение водоемов пищевыми и другими отходами, бытовыми трудно контролируемые стоками, маслом и нефтепродуктами водно-моторных средств и т. д.

В Алтайском крае построено два водохранилища, предназначенных для рекреационных целей в г. Барнаул (р. Барнаулка) и с. Павловск (р. Касмала).

Промышленное водоснабжение характеризуется в основном равномерным графиком потребления воды в течение суток. Для промышленных предприятий большое значение имеют бесперебойное обеспечение водой, а также ее качество, общая минерализация, жесткость, температура и т.д. Количество потребляемой воды зависит от вида промышленной продукции, технологии ее производства и режима использования воды при

этом, мощности предприятия. В число наиболее водоемких отраслей промышленности входят химическая, целлюлозно-бумажная, черная и цветная металлургия. Расход воды на единицу некоторых видов продукции составляет ($\text{м}^3/\text{т}$): стали – 20; бумаги – 200; шерстяной ткани – 600; лавсана – 4200; капронового волокна – 5600 и т.д.

Однако только около 20-25% воды используется безвозвратно, большая же часть возвращается в источник лишь изменив свои качества (промстоки).

Промышленные предприятия, сбрасывая неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды, загрязняют водоем или водоисточник. Даже очищенные промышленные стоки требуют 10-25-кратного, а иногда и более разбавления свежей водой. В частности, для разбавления 1 м^3 очищенных сточных вод свежей водой требуется: в промышленном производстве синтетических волокон и минеральных удобрений 10-15 м^3 , в целлюлозно-бумажной промышленности – 20-40, в нефтеперерабатывающей – 60 м^3 .

Если для снабжения предприятия пользуются только свежей водой, а отработанную сбрасывают, то такая схема называется прямоточной. Когда отработанная вода после очищения или охлаждения непрерывно используется в технологическом цикле, а из источника восполняется лишь безвозвратный расход, схема называется оборотной, или циркуляционной.

В Алтайском крае на долю промышленного водоснабжения приходится 32-35% от общего забора воды. Обратное и повторное использование составляет 1200-1500 млн м^3 .

Коммунальное водоснабжение удовлетворяет нужды населения, предприятий бытового обслуживания (бани, прачечные, столовые, автомойки и т.д.), служит для противопожарных целей, полива объектов озеленения, ухода за автодорогами и т.п.

Объемы хозяйственно-питьевого водопотребления устанавливаются соответствующими СНиПами и зависят от климатических условий, степени благоустроенности населенных пунктов, численности населения. На 1 среднестатистического жителя края приходится 151 л воды в сутки. В городах показатель значительно выше: в Барнауле – 550 л/сут.; Бийске – 318; Рубцовске – 294 л/сут. В сельской местности на одного жителя приходится 126 л воды в сутки.

Режим водопотребления характеризуется суточной и недельной неравномерностью; в течение года график водопотребления относительно равномерен, с некоторым увеличением (приблизительно на 10%) в летнее время. Качество воды, используемой для питьевых и бытовых нужд населения, должно быть высоким и соответствовать установленным нормативам. Вместе с тем вода, использованная в коммунальном хозяйстве и в виде бытовых стоков, поступающая обратно в водоисточник, содержит большое количество примесей органического, биологического и механического происхождения. Поэтому ее следует очищать и многократно разбавлять свежей водой. Безвозвратно используется до 40% от забранной воды.

На долю коммунального хозяйства в Алтайском крае приходится 16-18% от общего забора воды.

Сельское хозяйство – наиболее крупный водопотребитель. 35-37% всей забранной воды приходится на нужды сельского хозяйства. Вода расходуется на орошение и обводнение земель и сельхозводоснабжение. Главный водопотребитель в сельском хозяйстве – орошение. Оно требует больших затрат воды, которая расходуется на транспирацию и испарение с поверхности почвы и листьев растений, фильтрацию. При этом более 60-80% забранной воды теряется безвозвратно, и лишь небольшая ее часть возвращается через коллекторно-дренажную сеть в виде возвратных вод, имеющих повышенную минерализацию и без значительного разбавления свежей водой, нередко уже непригодных для повторного употребления. Сброс дренажной воды с Алейской оросительной системы ухудшает качество воды р. Алей, увеличивая минерализацию её на 0,1-0,2 г/л.

Как водопотребитель орошение отличается сезонной неравномерностью. Наибольшая потребность в воде приходится на периоды вегетации. Суточная и недельная неравномерность хотя и имеется, но проявляется не резко. Орошение предъявляет соответствующие требования к качеству воды: содержанию в ней наносов, растворенных солей. В свою очередь, оросительные мелиорации способствуют повышению минерализации в водоисточниках вследствие подъема уровней минерализованных грунтовых вод, дренажа и промывки засоленных почв.

На тепловых (ТЭС) и атомных (АЭС) электростанциях вода в основном расходуется на выработку пара и охлаждение агрегатов. ТЭС и АЭС – крупные потребители воды. Так, ТЭС мощностью 1 млн кВт потребляет 1,2-1,6 км³ воды в год, а АЭС – в 1,5-2,0 раза больше. Режим потребления, как правило, равномерный в течение всего периода. Лимитирующий период – зима, лето-осень. ТЭС и АЭС сбрасывают после использования в водный источник теплую воду, вызывая так называемое тепловое загрязнение источника. При повышении температуры воды до 30°С и более значительно снижается содержание в воде кислорода, что отрицательно сказывается на растительности и живых организмах, повышается токсичность вредных веществ. Безвозвратные потери воды на ТЭС и АЭС невелики и составляют 1-3%.

Водоотведение. В Алтайском крае имеется 48 водовыпусков сточных вод, 41 из них сбрасывает воду без очистки или недостаточно очищенную. В таблице 2.1.1 приведены данные статотчетности по форме «2ТП-Водхоз» по Алтайскому краю.

Таблица 2.1.1

Характеристика водопотребления и сброса сточных вод
в Алтайском крае, млн м³

Наименование использования	1990 г.	1995 г.	2000 г.
I. Всего забрано воды из природных водных объектов	1144	772	643
в т.ч.			
- из поверхностных источников	708	418	369
- из подземных источников	436	354	274
II. Всего использовано свежей воды	1007	676	562
в т.ч. на нужды:			
- хозяйственные	155	133	115
- производственные	417	232	256
- орошение	255	165	126
- сельхозводоснабжение	166	124	64
- другие	14	22	15
III. Обратное и повторно-последовательное водоснабжение	1516	1275	1216
IV. Сброшено сточных вод в поверхностные водные объекты, всего	442	267	275
в т.ч.			
- загрязненных (без очистки)	117	46	31
- нормативно-чистых (без очистки)	160	71	-
- нормативно очищенных	165	150	150

Около 20% сброшенных вод являются загрязненными.

Основными загрязнителями водных объектов являются промышленные предприятия городов края (Барнаул, Бийск, Заринск, Яровое, Рубцовск, Камень-на-Оби, Змеиногорск). На них приходится около 90% загрязненных вод.

2.2. Управление водным хозяйством

Использование водных ресурсов в народном хозяйстве страны в современных условиях не может быть четко организовано без всестороннего государственного изучения и учета. Необходимо точно знать, где, в каком объеме и какого качества требуются водные ресурсы, каков объем возвратных вод, а также количество природных водных ресурсов, которое можно рассчитывать в каждом рассматриваемом районе. Определить количество и качество располагаемых водных ресурсов в различных речных бассейнах позволяют постоянные гидрологические и гидрохимические наблюдения.

Основными функциями органов управления водным хозяйством являются следующие:

- водообеспечение населения и народного хозяйства водными ресурсами на основе их комплексного использования;
- управление и контроль количества и качества водных ресурсов, включая организацию диспетчерских и инспекторских служб;
- распределение водных ресурсов между регионами;
- выдача технических условий на все виды водопользования;
- эксплуатация водохозяйственных объектов комплексного назначения;
- ведение государственного учета и водного кадастра;
- реализация мероприятия по воспроизводству, сохранению и улучшению экологического состояния рек, озер, водохранилищ и прибрежных зон морей;
- введение и совершенствование механизма платного водопользования;

- проведение экосистемной научно-технической и инвестиционной политики;
- координация производства и ремонта водоизмерительной техники, организация мониторинга и создание автоматизированных систем;
- управления на водных объектах.

Все перечисленные функции тесно связаны между собой. Так, для нужд коммунально-бытового хозяйства, отдельных производств промышленности требуется вода достаточно высокого качества. Использование загрязненной воды может отрицательно сказаться на здоровье людей, ухудшить качество производимой продукции. Вероятность наводнений, селевых потоков, изменение плановых очертаний русел рек угрожают жизни людей, материальным ценностям и таким образом ставят под сомнение целесообразность хозяйственную деятельность в районах, подверженных вредному воздействию вод, без специальных мероприятий по их предотвращению или защите.

Управление использованием и охраной водного фонда заключается в планировании, учете и контроле и возложено на Правительство Российской Федерации, органы власти субъектов федерации, государственные органы управления водным фондом и других уполномоченных на то государственными органами. Они отвечают за обеспечение потребностей населения и народного хозяйства в качественных водных ресурсах.

Органы управления водным фондом представлены федеральным органом (Министерством природных ресурсов), его бассейновыми и территориальными подразделениями.

Успешное решение всех задач, возложенных на водное хозяйство страны, во многом зависит от работы системы централизованных органов управления.

Государственное управление водным фондом и водными отношениями на территории Российской Федерации осуществляется на основе экосистемного подхода по бассейновому принципу с учетом соблюдения интересов всех субъектов федерации и водопользователей. При этом обеспечивается приоритет задач сохранения экологической устойчивости и восстановления водных объектов, рационального использования, воспроизводства и улучшения их качества.

Рациональное водопользование и обеспечение водохозяйственных отношений возможно в соответствии с бассейновым соглашением государственного органа по управлению водным фондом и субъектов федерации.

Государственным органом управления водным фондом Алтайского края является Главное управление природных ресурсов МПР по Алтайскому краю (ГУПР по Алтайскому краю).

В компетенцию ГУПР входит:

- координация деятельности отраслей народного хозяйства, юридических и физических лиц в области использования восстановления и охраны государственного водного фонда;

- разработка нормативных документов, определяющих порядок и правила использования и охраны государственного водного фонда, государственного контроля и учета вод;

- установление лимитов водопотребления и водоотведения, выдача разрешений (лицензий) на пользование водным фондом и проведение работ на водных объектах и в их водоохранных зонах;

- организация мониторинга вод, ведение государственного учета вод и Государственного водного кадастра;

- разработка предложений по порядку и условиям взимания платежей за пользование водным фондом, реализация механизма платного водопользования;

- государственный контроль за соблюдением водного законодательства, использованием и охраной водного фонда, хозяйственной деятельностью в пределах водоохраных зон водных объектов;

- ограничение, приостановление или запрещение сброса сточных вод вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий, организаций, учреждений до устранения нарушения и ликвидации последствий загрязнения.

Предписания и решения государственного органа управления водным фондом, принимаемые в пределах его компетенции, обязательны для юридических и физических лиц.

Государственные органы управления наделены не только предписывающими, но и контролирующими функциями.

Государственный контроль за использованием и охраной водного фонда должен обеспечить соблюдение всеми водопользователями порядка пользования водами, законодательства, стандартов (правил, норм) в области использования и охраны объектов водного фонда, а также правил ведения государственного учета вод и отчетности.

В РФ установлен бассейновый принцип управления водным хозяйством. Основным структурным элементом управления является водохозяйственный комплекс речного бассейна, обеспечивающий совместное использование водных ресурсов различными отраслями народного хозяйства. Система управления представляет собой совокупность размещенных на территории бассейна объектов формирования, транспортировки и регулирования стока; объектов водопотребления и использования стока; объектов водоотведения и системы управления. В задачу системы управления водных ресурсов входит: обеспечение оптимального распределения водных ресурсов в соответствии с требованиями участников; учет мероприятий по охране окружающей природной среды и водных объектов с целью получения максимального народно-хозяйственного эффекта. Управление ВКХ представляет собой иерархическую систему, включающую в себя 3 уровня.

На первом уровне осуществляются планирование и управление всем комплексом через подведомственные организации.

На втором – управление эксплуатацией основных водохозяйственных объектов, определяющих водный режим комплекса (крупные водохранилища, головные сооружения оросительных систем и каналов, водозаборные и водоотводящие сооружения крупных промышленных центров).

Третий уровень включает в себя управление режимами работы межхозяйственной и внутриводохозяйственной сети, насосными станциями, очистными сооружениями и др.

В процессе управления решаются следующие задачи: сбор информации о водных ресурсах, характеристиках гидрологического режима; получение данных о качестве воды и о требованиях, предъявляемых к водным ресурсам, и их анализ; получение сведений о фактическом использовании водных ресурсов; планирование работы ВКХ; управление работой ВКХ; контроль,

учет и анализ; предупреждение и устранение аварийных ситуаций; управление техническим обслуживанием и административно-хозяйственной деятельностью.

Функциональная структура управления состоит из нескольких подсистем. Выделяют следующие функциональные подсистемы: водные ресурсы, качество водных ресурсов, требования на воду, планирование и водораспределение, оперативное управление, контроль и анализ.

Водные ресурсы. Оцениваются все виды располагаемых водных ресурсов, основываясь на анализе многолетнего ряда наблюдений, прогнозе предстоящего периода, а также учитывают запас воды в водохранилищах и аккумулирующие возможности водотоков. Комплекс задач по прогнозированию поверхностных водных ресурсов выполняет Гидрометцентр РФ.

Качество водных ресурсов. Осуществляется характеристика поступления в водные объекты возвратных и сточных вод и их качество для целей планирования, согласование отраслевых планов проведения водоохраных мероприятий с учетом соблюдения нормативов качества вод.

Требования на воду. Определяют требования к водным ресурсам промышленности, сельского и коммунального хозяйств, гидроэнергетики, рыбного хозяйства и речного транспорта. Заявки предприятий должны быть экономически обоснованы, а также содержать нормы водопотребления и водоотведения на единицу продукции, план выпуска продукции, площади орошения и состав культур, план выработки электроэнергии, грузооборот речного транспорта и др.

Планирование водораспределения. В зависимости от периода различают планирование годовое, сезонное и оперативное. Задача решается в привязке к основным водозаборам. При этом главное – определение оптимальных режимов работы водохранилищ на основе анализа прогнозной информации и текущих показателей гидрологического режима, а также корректировка планов работы водохозяйственного комплекса, разработанных при долгосрочном планировании.

Оперативное управление. Осуществляется реализация решений, принятых на этапе оперативного планирования. Обеспечивается проведение расчетов оперативного режима работы

гидротехнических сооружений. Результаты расчетов реализуют диспетчерские службы.

Контроль и анализ. Подсистема определяет правильность функционирования системы сравнением фактических данных об использовании водных ресурсов с плановыми показателями, анализирует причины отклонений от плана и выдают рекомендации по корректировке управления. Подсистема решает задачи контроля выполнения планов водозабора и водоотведения, водоподачи, качества вод, водоохраных мероприятий, анализа причин отклонения от плана, аварийных ситуаций.

По территориальному (бассейновому) принципу управления водным хозяйством Алтайский край относится к Верхне-Обскому водному бассейновому управлению, которое объединяет 5 субъектов федерации бассейна верхней Оби (Алтайский край, Республика Алтай, Новосибирская, Кемеровская и Томская области).

2.3. Ведение государственного учета вод

Основная задача государственного учета вод состоит в распределении количества и качества водных ресурсов, составляющих единый государственный фонд данных об использовании вод для нужд народного хозяйства. Такой контроль предполагает соблюдение всеми заинтересованными отраслями народного хозяйства (отдельными предприятиями и учреждениями), а также гражданами установленного порядка использования и учета вод, ликвидацию последствий от их вредного воздействия.

В России существует единая система государственного учета и использования водных ресурсов. В систему включены различные предприятия-водопользователи, соответствующие местные и республиканские органы.

Рассмотрим основные принципы функционирования системы государственного учета использования водных ресурсов.

Отдельные водопользователи осуществляют первичный учет водопотребления и водоотведения, результаты которого представляют в виде отчетов по установленной форме в комитет по природным ресурсам. После необходимых выводов данные

поступают в головной вычислительный центр, где отчетность обобщают в целом по стране.

Учет вод обеспечивает получение данных, необходимых для текущего и перспективного планирования использования вод и проведения водоохраных мероприятий, рационального развития и размещения производительных сил на территории страны; составления схем комплексного использования и охраны вод и водохозяйственных балансов; ведения государственного водного кадастра; прогнозирования изменений гидрологических условий водности рек и качества вод; разработки мероприятий по повышению эффективности работы водохозяйственных систем и объектов; оперативного управления водохозяйственными системами; нормирования потребления и сброса вод, а также показателей их качества; государственного контроля за проведением мероприятий по рациональному использованию и охране вод.

Учет использования вод проводят на основе статистической отчетности водопользователей по форме № 2-ТП (водхоз), утвержденной Госкомстатом. Учету подлежат водопользователи, забирающие из водных объектов в сутки выше 50 м³ воды или из систем водопровода более 300 м³, сельскохозяйственные предприятия и организации, забирающие из рек, каналов и водопроводных систем в сутки свыше 150 м³ воды. Обязательному учету подлежат все водопользователи (независимо от объемов забираемых вод), осуществляющие сброс сточных вод. Перечень отчитывающихся водопользователей устанавливают бассейновые (территориальные) управления по согласованию с местными органами.

Водопользователи представляют отчет местному органу по регулированию использования и охране вод (ГУПР по Алтайскому краю), вышестоящей организации, санитарно-эпидемиологической станции и местному органу Госкомстата.

Особенности заполнения отдельных таблиц, граф и показателей формы, соответствующие коды и определения изложены в Инструкции о порядке составления статистического отчета об использовании воды по форме № 2-ТП (водхоз).

Для получения более достоверных данных учета и исключения ошибок в ведомственной и территориальной принадлеж-

ности водопользователей в 1982 г. создан автоматизированный классификатор предприятий-водопользователей, которые подлежат государственному учету.

Обобщенную информацию ГУПР представляют бассейновым управлениям для анализа и контроля. Все замечания и уточнения по обобщенным данным представляются соответствующим вычислительным центром (ВЦ), которые вносят необходимые уточнения.

Завершив обобщение отчетных данных, все ВЦ корректируют на ЭВМ классификаторы предприятий-водопользователей, которые представляют в ЦНИИКИВР для корректировки общесоюзного классификатора.

Полученные Министерством природных ресурсов РФ данные анализируют и после этого представляют в Правительство Российской Федерации, а также всем отраслевым министерствам и заинтересованным ведомствам РФ.

2.4. Государственный мониторинг водных объектов

Использование водных ресурсов в народном хозяйстве страны в современных условиях не может быть четко организовано без всестороннего государственного изучения и учета. Необходимо точно знать, где и в каком объеме, какого качества требуются водные ресурсы, каков объём возвратных вод, а также то количество природных водных ресурсов, на которое можно рассчитывать в каждом рассматриваемом районе. Определить количество и качество располагаемых водных ресурсов в различных речных бассейнах позволяют постоянные гидрологические и гидрохимические наблюдения. Предсказать объемы и качество водных ресурсов можно, используя методы, разработанные в рамках таких наук, как гидрология, гидравлика, комплексное использование и охрана водных ресурсов. Надежная работа любого водохозяйственного объекта зависит от того, насколько правильно удалось предсказать изменение объема стока и качества вод.

Вместе с тем контроль невозможен без постоянного наблюдения за количеством и качеством водных ресурсов. В целях оценки состояния государственного водного фонда на террито-

рии Российской Федерации организуют мониторинг вод, который проводят в рамках мониторинга окружающей природной среды. Структуру, содержание и порядок осуществления мониторинга вод устанавливает Правительство Российской Федерации.

Поверхностные водные ресурсы и подземные источники оцениваются по следующим показателям: норма стока; средне-многолетними расходами воды; коэффициентами изменчивости среднегодовых расходов; среднегодовыми расходами с обеспеченностью 75 и 95%; внутригодовым распределением стока по месяцам для среднего и маловодного года; испарением с водной поверхности в различные по водности годы; испарением с поверхности суши; наименьшими значениями среднемесячных расходов (обеспеченностью 75 и 95%) для оросительного сезона и осеннее зимнего периода. Эти параметры рассчитываются на основе систематических гидрометеорологических наблюдений на водных объектах.

В нашей стране организованы специальные наблюдения за изменением состояния биосферы, которые необходимы для оценки состояния окружающей и водной среды, а также составления прогноза и выявления тенденций изменения уровней этого состояния. Общегосударственная служба наблюдений и контроля за уровнем загрязнения водных объектов организована на базе наблюдательных, оперативных и научных организаций Гидрометцентра.

Основными принципами в организации контроля состояния окружающей среды являются систематичность и комплексность, что предусматривает одновременно с наблюдениями за загрязнением пресных вод проведение сопутствующих метеорологических, гидрологических и гидробиологических исследований.

Пункты стационарной сети в зависимости от программ наблюдений делятся на 4 категории.

Пункты *I категории* размещаются на водных объектах особо важного народно-хозяйственного значения, устьевых участках и замыкающих створах основных крупных речных бассейнов, в местах нерестилищ и зимовий ценных рыб.

Пункты *II категории* устраивают на водных объектах, прилегающих к районам промышленных городов и рабочих по-

селков, население которых использует воду для питьевых и хозяйственных нужд, и на участках массового отдыха населения, имеющих большое рыбохозяйственное значение; в местах сброса коллекторно-дренажных вод, отводимых с сельскохозяйственных угодий; на замыкающих створах рек, по которым составляются водохозяйственные балансы с характеристикой качества водных ресурсов; в приустьевой зоне больших притоков крупных рек, озер и водохранилищ.

Пункты *III категории* предусмотрены на водных объектах, где воздействие на качество воды носит умеренный и слабый характер, т.е. в районах небольших городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, местах отдыха трудящихся, местах поступления стока с сельхозугодий.

Пункты *IV категории* размещаются на водных объектах, которые не подвержены прямому воздействию загрязнений (фоновые участки).

Перечень наблюдаемых ингредиентов и показателей качества воды на пунктах стационарной сети определяется химическим составом и объемом сточных вод. Обязательными для всех пунктов наблюдательной сети являются следующие показатели: температура воды, взвешенные вещества, минерализация, цветность воды, мутность, диоксид углерода, водородный показатель, биохимическое потребление кислорода, запахи, основные ионы, биогенные компоненты, а также загрязняющие вещества: нефтепродукты, детергенты, летучие фенолы, пестициды, соединения тяжелых металлов.

Мониторингом поверхностных водных объектов на территории Алтайского края занимается Алтайский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (АЦГМОС), имеющий стационарные пункты наблюдений, расположение которых предусматривает наблюдение за естественным состоянием поверхностных водных объектов и определением влияния технических факторов. Центр выполняет гидрологические и гидрохимические наблюдения по 65 пунктам, расположенным на наиболее крупных водных объектах края: р. Обь и ее притоки (Чарыш, Алей, Чумыш, Бия, Катунь и др.) и озера Большое Яровое, Большое Островное, Кучукское и Телецкое.

Специализированную сеть наблюдений имеет Краевая СЭС (Центр государственного санэпиднадзора в Алтайском крае), которая проводит наблюдения за состоянием поверхностных водных объектов в зонах культурно-бытового водопользования и питьевых водозаборов. СЭС ведет гидробиологические наблюдения по 43 пунктам.

Постоянный контроль за источниками сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты осуществляет Алтайский филиал ФГУ «Верхне-Обь-регионводхоз». Филиал ведет гидрохимические наблюдения по 24 пунктам.

Кроме этого, мониторинговые гидрохимические наблюдения ведутся самими водопользователями. На ряде предприятий существуют специализированные лаборатории по оценке качества сбрасываемой воды.

Систематическая и экстренная информация об изменениях уровня загрязнения водных объектов под влиянием хозяйственной деятельности или гидрометеорологических условий позволяет прогнозировать и предупреждать возможные загрязнения.

Анализ результатов наблюдений используется для составления рекомендаций по рациональному использованию водных ресурсов, годовых и перспективных планов развития народного хозяйства, а также для проектирования промышленных предприятий, водохозяйственных сооружений, планирования размещения крупных промышленно-энергетических и сельскохозяйственных комплексов.

2.5. Водный кадастр

Государственный учет вод и их использование является важнейшим звеном в системе планирования и рационального использования водных ресурсов РФ. Он осуществляется за счет государства по единому общегосударственному принципу, на основе системы государственного учета вод и водного кадастра.

В России существует единая система государственного учета и использования водных ресурсов. В систему включены различные предприятия-водопользователи, соответствующие местные и республиканские органы.

Основная задача государственного учета вод и их использования состоит в установлении количества и качества вод, составляющих единый государственный водный фонд, и данных об использовании их для нужд населения и народного хозяйства. Этот учет включает измерение и первичный учет количества и качества поверхностных и подземных водных ресурсов, количества забираемых и сбрасываемых вод, обобщение и выдачу потребителям данных первичного учета.

Все водопользователи ведут учет потребляемых и сбрасываемых вод по количественным и качественным показателям, представляя статистическую отчетность в соответствующие организации, которые располагают вычислительными центрами и имеют возможность проводить контроль за правильностью ведения отчетности. После необходимых обобщений по речным бассейнам, министерствам (ведомствам), отраслям народного хозяйства, республикам (зонам республик) данные передают в головной вычислительный центр, где обобщают отчетность в целом по стране. Такая организация учета и использования вод значительно упрощает обработку данных, улучшает анализ использования водных ресурсов и способствует более рациональному планированию водопотребления и водоотведения.

Полученные материалы используют для составления сборников основных показателей использования вод в стране и водного кадастра РФ.

Государственный водный кадастр (ГВК) Российской Федерации является государственным регистрационным документом водных объектов и водопользователей и содержит совокупность официальных сведений о состоянии и использовании водных объектов и их водных ресурсов, а также о водопользователях.

Порядок ведения ГВК, являющегося юридическим документом и служащим основанием для принятия соответствующих управленческих судебных и иных решений, устанавливает Правительство Российской Федерации. Сведения, содержащиеся в ГВК, могут быть опровергнуты только в судебном порядке.

Государственный водный кадастр (ГВК) представляет собой систематизированный постоянно пополняемый и при необходимости уточняемый свод сведений о водных объектах (составляющий единый государственный водный фонд), водных

ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

Первый водный кадастр был издан в 1933-1940 гг. Государственным гидрологическим институтом. Он включал в себя материалы по режиму рек СССР, сведения об уровнях воды, о водных ресурсах отдельных районов.

Современный ГВК включает данные учета вод по количественным и качественным показателям, регистрации водопользователей, а также данные учета использования вод. Основная задача ГВК – обеспечение народного хозяйства необходимыми данными о водных объектах, водных ресурсах, режиме, качестве и использовании вод, а также о водопользователях.

В соответствии с видами водных объектов и распределением обязанностей по изучению и использованию вод ГВК включает следующие разделы и подразделы:

1. Поверхностные воды.
 - 1.1. Реки и каналы.
 - 1.2. Озера и водохранилища.
 - 1.3. Качество вод суши.
 - 1.4. Селевые потоки.
 - 1.5. Ледники.
 - 1.6. Моря и морские устья рек.
2. Подземные воды.
3. Использование вод.

Ежедневные, многолетние наблюдаемые и фондовые данные ГВК издаются по территориям, бассейнам рек, озерам, а по разделу «Подземные воды» – по гидрогеологическим регионам.

Для систематического обновления и пополнения Государственного водного кадастра в РФ создана специальная автоматизированная информационная система.

Информационный банк данных государственного учета вод и их использования положен в основу для ведения государственного водного кадастра, который включает сведения о водных ресурсах, данные учета использования вод и регистрации водопользования. Его систематически пополняют и уточняют сведениями о водных объектах, составляющих единый государственный фонд, о качестве использования вод, о водопользователях. Источником сведений служит общегосударственная сеть

гидрологических постов и станций, расположенных на реках, озерах, водохранилищах, головных сооружениях каналов и др., составляющих опорную гидрологическую сеть.

Для ведения Государственного водного кадастра создается специальная автоматизированная информационная система, состоящая из трех отраслевых подсистем (поверхностные воды, подземные воды, использование вод) и трех функциональных подсистем (подготовка информации, обработка и доведение ее до потребителя).

Контрольные вопросы и задания

1. Раскройте понятие «водопользователи».
2. Назовите отрасли-водопотребители.
3. Что такое водоотведение?
4. Раскройте принципы и задачи управления водным хозяйством.
5. Перечислите показатели качества водных ресурсов и принципы их учета.
6. Что такое государственный мониторинг водных объектов?
7. Назовите цели, задачи и объекты водного кадастра.

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА

ВВЕДЕНИЕ

Водные объекты во всем их многообразии (реки, озера, моря и др.) с древнейших времен оказывают большое влияние на развитие человеческого общества. В одних случаях, когда стихийность режима природных вод (наводнение, обмеление, пересыхание рек) наносила тяжелые разрушения или вызывала бедствия, это влияние было тормозящим, в других – водные объекты благоприятствовали развитию ирригации, торговых отношений и т.п.

Постепенно приспособливаясь к существующим водным условиям, человечество стало активно воздействовать на режим природных вод применительно к своим потребностям. Технический уровень гидротехнических мероприятий в различные эпохи отражал развитие производительных сил. Освоение рек и озер, происходившее во многих случаях наряду со строительством каналов и других гидросооружений, издавна играло важную роль в жизни многих стран.

Первые попытки регулировать сток предпринимались еще нашими предками: строились различные запруды, пруды и водоемы для целей сельского хозяйства: водоснабжения, орошения, лесосплава, помолы зерна, водопоя скота и т.д. Следы такого рода регулирования стока обнаружены археологами в районах ранних цивилизаций (Египет, Ближний Восток) и относятся к III-IV тысячелетию до н.э.

В настоящее время, как и ранее, основным источником для удовлетворения потребностей населения и народного хозяйства в воде служат поверхностные водные ресурсы (сток рек). Однако наиболее полному и рациональному использованию речного стока препятствуют значительные годовые и многолетние колебания водности рек. Базировать обеспечение водой различных отраслей народного хозяйства на естественном резко изменчивом стоке можно лишь в очень ограниченных пределах. Естественный режим речного стока не совпадает по времени с требованиями, предъявляемыми различными отраслями народного хозяйства. Каждая отрасль хозяйства имеет

свои специфические особенности (технологию, цикличность) и лимитирующие периоды. Регулирование стока рек является основным техническим приемом, позволяющим не только использовать водные ресурсы или приспособить их к планируемой задаче, но и бороться с наводнениями.

Регулирование речного стока – это искусственное перераспределение естественного, как правило, неравномерного по времени стока в соответствии с требованиями водопользования. Регулирование стока осуществляется с помощью специальных искусственных водоемов (водохранилищ). **Водоохранилище** – это искусственный водоем, созданный для временного задержания стока воды с целью ее последующего использования.

Крупные водохранилища в России начали сооружать в XVIII в. Они действовали на металлургических, металлообрабатывающих и горнорудных предприятиях с водно-силовыми установками и крупными искусственными водоемами.

Широкомасштабное строительство водохранилищ на новом качественном уровне развернулось после Второй мировой войны, т.е. после 1945 г. Водоохранилища стали создаваться не только для решения традиционных проблем развития энергетики, орошения земель, но и для водообеспечения крупных промышленных центров и регионов, улучшения экологического состояния природных объектов и районов, рекреационных потребностей населения (отдыха, спорта и т.п.).

В мире уже эксплуатируется более 30 тыс. водохранилищ. Объем воды, аккумулированный в водохранилищах, почти в 5 раз превышает ее запасы в руслах рек и составляет более 12% годового стока рек мира. Площадь же водной поверхности водохранилищ мира превышает площадь Черного моря. Самое крупное водохранилище в мире – Оуен-Фолс (Виктория) объемом 204,8 км³ и площадью 76000 км², которое расположено в Африке на стыке трех государств – Танзании, Кении, Уганды.

В России более 2000 водохранилищ с суммарным полным объемом 801,4 км³, общей площадью 74,5 тыс. км². Крупные водохранилища построены на реках Волге, Каме, Ангаре, Иртыше, Кубани, Енисее, Амуре и др. Наиболее крупные водохранилища России – Братское (169,3 км³, 5500 км²), которое являет-

ся вторым в мире, Красноярское (73 км³, 2000 км²), Усть-Илимское (59 км³, 1870 км²), Куйбышевское (58,0 км³, 6500 км²).

Самым крупным водохранилищем Западной Сибири является Новосибирское, площадь зеркала которого равна 1070 км², полный объем – 8,85 км³.

Режим малых рек бассейна Верхней Оби характеризуется неравномерным распределением стока как в многолетнем, так и во внутригодовом периоде. В этих условиях наибольший эффект использования стока и надежности водообеспечения потребителей достигается при регулировании стока водохранилищами. Для аккумуляирования речного стока малых рек в Алтайском крае построено около 60 водохранилищ объемом более 1 млн м³ каждое, и более сотни прудов. Наиболее крупным является Гилевское водохранилище объемом 471 млн м³, предназначенное для водоснабжения промышленных предприятий, населения и орошения земель бассейна р. Алей. Два водохранилища в г. Барнауле (р. Барнаулка) и с. Павловск (р. Касмала) предназначены для рекреационных целей (отдых, туризм, спорт). Ряд водохранилищ Алтайского края построены для целей мелиорации. Наиболее крупным из них является Логовское водохранилище (р. Чесноковка) объемом 15,1 млн м³. 16 водохранилищ создано для целей рыбозахвата, остальные водохранилища комплексного использования (орошение и рыбозахвата). Пруды, построенные на малых реках, имеют комплексное использование: рыбоводство, орошение, обводнение пастбищ, водоснабжение ферм, благоустройство сел. Плотины водохранилищ используются для переездов через водотоки.

В научном и водохозяйственном обосновании гидротехнических мероприятий особое место занимают гидрология и довольно молодая отрасль науки – теория регулирования и использования речного стока.

В данном разделе изложены основы водохозяйственных расчетов и практических приемов регулирования речного стока.

ГЛАВА 1. ВИДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА, КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВОДОХРАНИЛИЩ

Виды регулирования стока зависят от климатических условий, плотности населения, степени освоенности территории, экономических и экологических проблем региона и страны.

1.1. Классификация видов регулирования стока

В зависимости от задач, гидрологических особенностей водного источника и состава водопотребителей применяют различные виды регулирования стока, которые классифицируют по назначению, по продолжительности регулирования стока, степени использования стока и др. Регулирование стока по назначению зависит от отрасли народного хозяйства, которую данное водохранилище обслуживает (энергетика, водоснабжение, орошение и т.д.). По продолжительности различают суточное, недельное, краткосрочное, сезонное (годовое) и многолетнее регулирование стока.

Суточное регулирование заключается в перераспределении в течение суток практически равномерного стока реки Q в соответствии с требованиями потребителей. Вода накапливается в водохранилище в часы малого потребления и расходуется из него в часы повышенного. Цикл регулирования (наполнение и сработка) – сутки.

Наиболее широко суточное регулирование распространено в водоснабжении и гидроэнергетике; его применяют и в орошении.

Объем водохранилища при суточном регулировании определяют сопоставлением неравномерного суточного графика водопотребления со средним расходом водопотребления за сутки (рис. 1.1.1).

Когда расход водопотребления q больше расхода по суточному графику q_i , водохранилище заполняется, а когда $q_i < q$ – срабатывается. Отношение максимального расхода потребления в течение суток q_{\max} к среднесуточному q называют коэффициентом неравномерности суточного потребления:

$$\eta = q_{\max}/q \quad (1.1)$$

Этот коэффициент показывает, во сколько раз можно увеличить число водопотребителей N при суточном регулировании. Действительно, при отсутствии суточного регулирования количество потребителей следующее:

$$N_1 = Q/q_{\max}, \quad (1.2)$$

а при наличии
$$N_2 = Q/q. \quad (1.3)$$

Сопоставляя N_1 и N_2 , получаем $N_1/N_2 = q_{\max}/q = \eta > 1$.

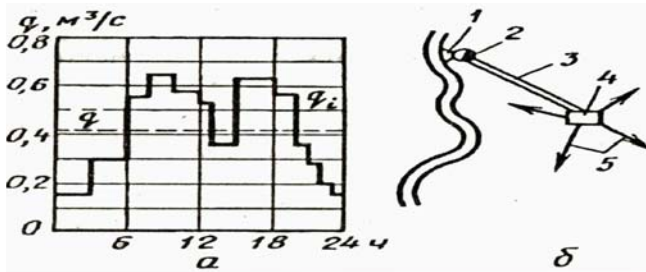


Рис. 1.1.1. Суточное регулирование стока:

а – график водопотребления; б – схема размещения водохранилища:

1 – водозаборное сооружение, 2 – насосная станция,

3 – магистральный канал; 4 – водохранилище; 5 – водоразводящая сеть

Кроме того, суточное регулирование позволяет уменьшать размеры, а следовательно, и стоимость водозаборного сооружения, насосной станции, водовода (канала или трубопровода), так как сооружения при наличии водохранилища рассчитывают не на максимальный, а на средний расход.

Водохранилища суточного регулирования обычно невелики: их полезный объем составляет 15-25% суточного стока реки.

Недельное регулирование заключается в перераспределении в течение недели относительно равномерного стока в соответствии с неравномерным потреблением воды. Перевод большинства предприятий на работу с двумя выходными днями в неделю значительно повысил возможность использования избыточного стока в нерабочие дни для повышения отдачи в рабочие (рис. 1.1.2).

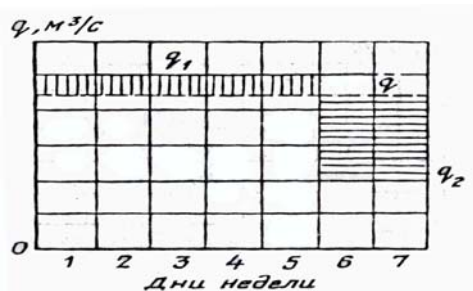


Рис. 1.1.2. Недельное регулирование стока

Если суточное потребление воды в рабочие дни q_1 , а в нерабочие – q_2 , то при продолжительности недели $n = 7$ суток, в числе которых 2 дня нерабочих, общее потребление воды за неделю составит:

$$\sum_1^{n=7} q = (5q_1 + 2q_2) \times 86400, \quad (1.4)$$

где 86400 – количество секунд в сутках.

Среднее водопотребление за неделю ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$q = (5q_1 + 2q_2) / 7. \quad (1.5)$$

Необходимый объем водохранилища недельного регулирования стока равен избытку стока в выходные дни, когда водопотребление понижено:

$$V_n = 2(q_1 - q_2) \times 86400, \quad (1.6)$$

или

$$V_n = 86\,400(q_1 - q_2) \times 10/7. \quad (1.7)$$

Полный цикл при недельном регулировании (наполнение и сработка) равен неделе. Применяется в основном в промышленном водоснабжении и гидроэнергетике, а в период навигации – в судоходстве, когда возникает дополнительная потребность в воде на шлюзование судов.

Краткосрочное неперіодическое регулирование стока – это такое регулирование, при котором вода из водохранилища подается в виде краткосрочных неперіодических попусков для поддержания расходов или уровней воды на нижележащем участке водотока в соответствии с требованиями водопотребителей. Необходимый объем воды в водохранилище накапливают в течение ряда суток, а сосредоточенный попуск осуществляют в

продолжение нескольких часов. Этот вид регулирования применяют преимущественно для создания необходимых глубин при лесосплаве, судоходстве, а также в санитарных, сельскохозяйственных и других целях.

Сезонное (годовое) регулирование – это перераспределение стока на протяжении года путем накопления избытка воды в многоводные периоды и использования его в маловодные. Во время половодий и паводков водохранилище наполняют, а в период межени срабатывают. Объем водохранилища сезонного регулирования определяют путем сопоставления расчетного стока и водопотребления.

Сезонное регулирование – наиболее распространенный вид регулирования стока. Применяется в энергетике, водоснабжении, орошении и других отраслях народного хозяйства. При этом виде регулирования стока увязываются недельные и суточные балансы.

Многолетнее регулирование стока заключается в его перераспределении в течение многолетнего периода. Многолетнее регулирование применяется для увязки годовых балансов. Цикл регулирования (наполнение и сработка водохранилища) длится несколько лет. Дефицит в воде за маловодные n-летия покрывается из запасов воды, накопленной в водохранилище за многоводный период, предшествующий маловодью. Кроме того, водохранилище многолетнего регулирования выполняет также функции и сезонного регулирования стока. Это очень большие искусственные водоемы, вмещающие десятки и сотни кубических километров воды.

Многолетнее регулирование – наиболее полный и совершенный вид регулирования стока, отвечающий задачам комплексного использования водных ресурсов.

При системе нескольких водохранилищ на одном водотоке и его притоках регулирование стока подразделяют на каскадное и компенсирующее.

Каскадное регулирование стока имеет место, если водохранилища размещены последовательно в виде ступеней на одной реке.

Компенсирующее регулирование обеспечивает покрытие дефицита в воде путем попусков из водохранилища, расположенного на притоке выше водозабора.

1.2. Классификация водохранилищ

Регулирование стока осуществляется с помощью специальных искусственных водоемов – водохранилищ. **Водохранилище** – искусственно созданный водоем, как правило, с естественными ложем и берегами для накопления и последующего использования запасов воды в целях регулирования стока. Наибольшее распространение получили водохранилища, образованные плотинами, перегораживающими долины рек.

По назначению водохранилища подразделяют на запасные, задерживающие (противопаводочные) и комплексные.

Водохранилища, наполняемые стоком в многоводные периоды для его использования в маловодные периоды, называются **запасными**. Основная задача запасных водохранилищ состоит в повышении расходов воды в маловодные периоды за счет использования запасов воды, созданных путем временного задержания избытков стока в многоводные сезоны или годы. Это наиболее распространенный тип водохранилищ. Они обслуживают энергетику, коммунальное и промышленное водоснабжение, сельское хозяйство, рыбное хозяйство, речной транспорт и другие отрасли народного хозяйства.

Задерживающие (противопаводочные) водохранилища предназначены в основном для борьбы с наводнениями и селевыми потоками. За счет временного задержания части стока в периоды многоводья (паводка или половодья) снижаются максимальные расходы воды, поступающие в нижний бьеф водохранилища, и предотвращается опасность наводнения.

Комплексное регулирование стока – это совмещение функций запасного и задерживающего одним водохранилищем.

В зависимости от рельефа местности водохранилища подразделяют на равнинные, предгорные, горные, озерные.

Водохранилища равнин характеризуются следующими признаками: большой площадью водной поверхности и протяженностью, небольшой максимальной (15-25 м) и средней (обычно 5-9 м) глубинами, небольшой сработкой (в пределах 2-7 м), интенсивными процессами переработки берегов, сложенных большей частью рыхлыми размываемыми породами. Эти водохранилища, как правило, имеют большую вместимость

и используются комплексно. К этому типу водохранилищ можно отнести волжские, днепровские, часть сибирских и некоторые другие.

Водохранилища предгорных и плоскогорных областей характеризуются большой максимальной (до 70-100 м и более) и средней (до 30-35 м) глубиной, значительной сработкой (до 10-20 м), сравнительно небольшой интенсивностью переработки берегов, незначительным затоплением и подтоплением территории.

Для **горных водохранилищ** характерны большие глубины (нередко более 100 м) и сработка (до 50-100 м и более). Затопляемая площадь, подтопление, переработка берегов, фильтрация из водохранилища незначительны. К этому типу относятся большинство водохранилищ Восточной Сибири и Дальнего Востока, некоторые водохранилища Урала, Кавказа и Средней Азии.

Озерные водохранилища создают путем сооружения плотины на реке, вытекающей из озера, и подпор, вызванный плотиной, распространяется на озеро. Преимущество этих водохранилищ заключается в том, что при незначительном подпоре и небольшой площади затопления земель в них можно аккумулировать большие объемы воды.

К водохранилищам озерного типа относят Иркутское, Бухтарминское, Верхнесвирское в России, Оуэн-Фоле в экваториальной Африке и др.

Водохранилища классифицируют также по площади водной поверхности и объему (табл. 1.2.1).

Таблица 1.2.1

Классификация водохранилищ по размерам

Категория водохранилищ	Полный объем, км ³	Площадь водной поверхности, км ²
Крупнейшие	Более 50	Более 5000
Очень крупные	50-10	5000-500
Крупные	10-1	500-100
Средние	1,0-0,1	100-20
Небольшие	0,1-0,01	20-2
Малые	Менее 0,01	Менее 2

Искусственные водоемы небольших размеров (не более 1 млн м³) и площадью водной поверхности менее 1 км² называют *прудом*.

1.3. Характеристики водохранилища

К основным характеристикам водохранилища относят зависимость площади водной поверхности Ω и объема воды V в водохранилище от уровня H (рис. 1.3.1). Кривую $\Omega = \Omega(H)$ называют кривой площадью водной поверхности водохранилища; кривую $V = V(H)$ – кривой объемов. Эти кривые наносят на один график и называют **батиграфическими** кривыми.

Исходным материалом для построения кривой площадью водохранилища служат крупномасштабные топографические карты. Площади водной поверхности водохранилища Ω , соответствующие различным уровням воды H , считая поверхность воды горизонтальной, определяют путем планиметрирования площадей, заключенных между отдельными горизонталями и створом плотины, замыкающим горизонтали у берегов.

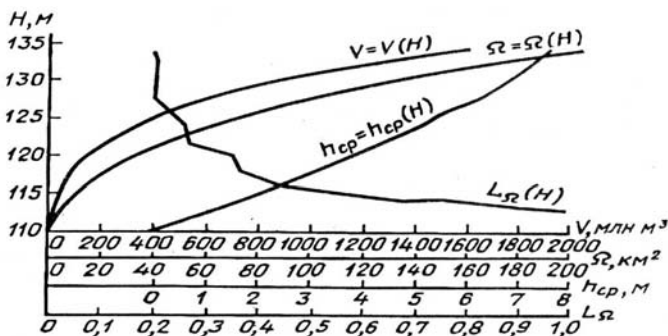


Рис. 1.3.1. Батиграфические кривые

Кривую $\Omega = \Omega(H)$ строят в прямоугольных координатах: на оси ординат откладывают уровни H , на оси абсцисс – площадь Ω . Кривая $\Omega = \Omega(H)$ чаще всего имеет сложный неправильный вид.

Объем воды в водохранилище определяют путем последовательного суммирования частичных объемов ΔV , заключенных между смежными горизонталями.

Элементарный объем воды в водохранилище:

$$dV = \Omega dH. \quad (1.8)$$

Следовательно, объем воды (m^3), соответствующий уровню воды H , следующий:

$$V = \int_{H_0}^H \Omega dH, \quad (1.9)$$

где H_0 – отметка дна у плотины, м.

При конечном приращении уровня воды ΔH объем (млн m^3), заключенный между смежными уровнями, можно рассчитать по упрощенной формуле:

$$\Delta V = (\Omega_i + \Omega_{i+1})\Delta H_{i,i+1}/2, \quad (1.10)$$

где Ω_i и Ω_{i+1} – площади водной поверхности, соответствующие уровням воды H_i и H_{i+1} , km^2 ;

$\Delta H_{i,i+1} = H_{i+1} - H_i$ – приращение уровня, м.

Объем первого придонного слоя воды определяют по формуле усеченного параболоида:

$$\Delta V_1 = 2/3 \Omega_1 \Delta H_1. \quad (1.11)$$

Объем воды в водохранилище, соответствующий отметке H , получают суммированием частных объемов, расположенных ниже этого уровня:

$$V_H = \sum_{H_0}^H \Delta V_i \quad (1.12)$$

По данным вычислений строят кривую объемов $V = V(H)$.

Важными характеристиками водохранилища являются также средняя глубина h_{cp} , м:

$$h_{cp} = V_{H_i} / \Omega_{H_i} \quad (1.13)$$

и критерий литорали (мелководья) – L_Ω :

$$L_\Omega = \Omega_{L_i} / \Omega_{H_i}, \quad (1.14)$$

где Ω_{H_i} и V_{H_i} – площадь водной поверхности и объем воды в водохранилище при одном и том же уровне H_i , соответственно km^2 и m^3 ;

Ω_{L_i} – площадь литорали (мелководья), соответствующая уровню H_i , km^2 .

Площадь литорали, т.е. площадь водной поверхности прибрежной части водохранилища с глубинами $h \leq 2$ м, определяют, пользуясь кривой $\Omega = \Omega(H)$, как разность площадей водной поверхности водохранилища при уровне воды H_1 и уровне на 2 м ниже:

$$\Omega_{L1} = \Omega_{H_1} - \Omega_{H_1-2}. \quad (1.15)$$

Кривые зависимости $h_{cp} = h_{cp}(H)$ и $L_{\Omega} = L_{\Omega}(H)$ обычно совмещают на одном графике с батиграфическими характеристиками водохранилища.

1.4. Основные составляющие объема и нормативные уровни водохранилищ

Размеры водохранилища устанавливают на основе хозяйственного расчета и определяются нормативными уровнями и объемами.

Различают 3 нормативных уровня: УМО – уровень мертвого объема, НПУ – нормальный подпорный уровень и ФПУ – форсированный подпорный уровень (рис. 1.4.1).

Уровень поверхности воды, ограничивающий постоянную часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не срабатывается и в регулировании стока не участвует, называют **уровнем мертвого объема** (УМО). Это минимальный уровень водохранилища, до которого возможна его сработка в условиях нормальной эксплуатации. УМО представляет один из важных параметров регулирования, и правильный выбор его отметки имеет большое значение.

Нормальный подпорный уровень (НПУ) – наивысший проектный уровень наполнения водохранилища, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений. Выбор отметки НПУ – наиболее ответственная задача проектирования. От правильного назначения отметки НПУ рассчитывают пропускную способность, размеры и прочность гидротехнических сооружений, обеспечивающих работу водохранилища и инженерную защиту объектов, расположенных на его берегах; устанавливают ущерб, наносимый народному хозяйству затоплением, подтоплением и пере-

работкой берегов; оценивают экономические показатели регулирования стока. Окончательно НПУ принимают в результате технико-экономического сопоставления различных вариантов.

Подпорный уровень выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений, называют **форсированным подпорным уровнем** (ФПУ). Отметка ФПУ зависит от максимальных расходов воды расчетной обеспеченности, гидрографа половодья (паводка), размеров и типа сбросных сооружений.

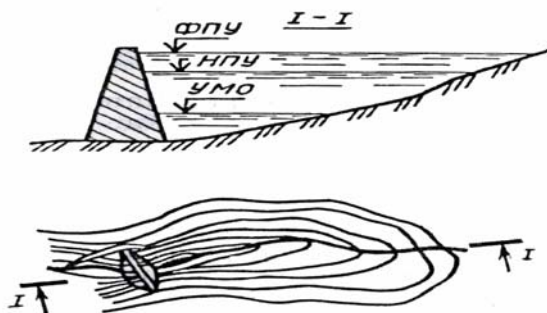


Рис. 1.4.1. План и схематический продольный профиль водохранилища

Полезный объем водохранилища ($V_{плз}$) – основной объем водохранилища, предназначенный и используемый для регулирования стока. Предельными уровнями водохранилища, ограничивающими полезный объем, являются НПУ и УМО.

Главная задача водохозяйственного расчета водохранилища – определение полезного объема ($V_{плз}$) и выбор отметки НПУ. Полезный объем водохранилища зависит от назначения водохранилища, вида регулирования стока (суточное, сезонное, многолетнее) и находится путем сопоставления расчетного стока и суммарного водопотребления. Полезный объем имеет определяющее значение при установлении отметки НПУ.

Мертвый объем ($V_{мо}$) – это постоянная часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не срабатывается и в регулировании стока не участвует. Мертвый объем ($V_{мо}$) и соответствующий ему УМО оп-

ределяют расчетами с учетом ряда условий и соображений (величины заиления, санитарно-технических требований, назначения водохранилища).

Окончательно отметка УМО водохранилища назначается с учетом требований всех водопользователей и водопотребителей.

Полный объем водохранилища соответствует отметке НПУ и равен сумме полезного и мертвого объемов:

$$V_{плн} = V_{НПУ} = V_{МО} + V_{плз}. \quad (1.16)$$

Между ФПУ и НПУ размещается объем воды, который называют **форсированным, или резервным**, объемом (**Vф**).

Форсированный объем (**Vф**) используется для срезки максимальных расходов в период высоких паводков или половодья, чтобы предотвратить наводнения в нижнем бьефе. Поэтому его называют иногда **противопаводковым**.

Отметка ФПУ зависит от максимальных расходов воды расчетной обеспеченности, гидрографа половодья (паводка), размеров и типа сбросных сооружений. Обычно превышение НПУ при форсировке составляет 20-70 см, а на небольших реках – до 2 м. Значение и продолжительность форсировки уровня воды в водохранилище должны быть экономически обоснованы.

1.5. Общая методика расчета водохранилищ

Совокупность расчетов по установлению основных параметров водохранилища и режима его работы называют водохозяйственным расчетом.

В состав водохозяйственного расчета входят:

- гидрологические расчеты основных гидрологических характеристик водотока, на котором создается водохранилище;
- установление объемов и режима водопотребления из водохранилища, а также потерь воды, вызванных его сооружением;
- назначение нормативных подпорных уровней и объема водохранилища;
- оценка экономической эффективности и народнохозяйственного значения регулирования стока;

- правила эксплуатации водохранилища, обеспечивающие рациональное использование и охрану водных ресурсов.

Независимо от вида регулирования стока водохранилища его параметры рассчитывают методом водохозяйственного баланса. Сущность расчетов заключается в сопоставлении и уравновешивании по интервалам времени приходной и расходной частей за период регулирования. Период перехода от дефицита стока к избытку принимают за начало расчетов. Этот период характеризуется полным опорожнением водохранилища, т.е. объем водохранилища равен мертвому объему.

В качестве критерия надежности снабжения потребителя водой в гидротехнической практике используют расчетную обеспеченность отдачи.

Гидрологические расчеты являются основой водохозяйственных расчетов. Распределение стока в течение расчетного водохозяйственного года устанавливают известными в гидрологии методами. При наличии длительного календарного ряда наблюдений (не менее 15 лет) применяют методы реального года или компоновки. Допускается вести расчет и по характерным по водности годам. При отсутствии и недостаточности (менее 15 лет) гидрометрических наблюдений внутригодовое распределение стока в расчетном водохозяйственном году определяют по методу гидрологической аналогии или по районным схемам и региональным зависимостям.

При гидрологических расчетах в качестве исходной информации используют материалы опорной гидрологической сети, систематизированные в Государственном водном кадастре. В случае необходимости проводят дополнительные специальные наблюдения, изыскания и исследования. Расходы, объемы и режимы водопользования и водопотребления определяют на основе данных о проектном составе водопользователей и водопотребителей и расчетных удельных нормах водопотребления (на единицу продукции, на орошение 1 га земли, на человека и т.д.). Объемы и расходы водопользования и водопотребления, отнесенные к створу водохранилища, называют *полезной*, или *плановой, отдачей*.

Потери воды, вызванные устройством водохранилища, суммируют с плановой (полезной) отдачей. Отдача с учетом по-

терь воды составляет *полную отдачу* водохранилища. Другие исходные материалы, необходимые для водохозяйственного расчета водохранилища, получают на основе топографических, гидрогеологических, экологических и других изысканий и исследований.

Основные параметры водохранилища, определяющие его размеры, должны быть экономически и технически обоснованы и соответствовать следующим условиям водного хозяйства и гидротехническим требованиям:

1. Установленное водопотребление должно полностью удовлетворяться с заданной обеспеченностью.

2. Объем водохранилища не должен быть чрезмерным большим, не более 2 объемов годового стока (т.к. длительное заполнение водохранилища приводит к его нерентабельности).

3. Средняя глубина водохранилища в теплых районах при НПУ должна быть не менее 4-5 м (иначе – большие потери на испарение).

Расчетная обеспеченность отдачи. Основные параметры водохранилища и режим его работы устанавливаются путем сопоставления и анализа расчетного стока и планового потребления. В качестве критерия надежности снабжения потребителя водой в гидротехнической практике используют расчетную обеспеченность отдачи. Расчетная обеспеченность отдачи – это очень важный критерий, который определяет не только объем водохранилища и отдачу, но и размеры капитальных вложений в строительство водохранилища и гидроузла в целом, общую экономическую эффективность регулирования стока.

При расчете надежности снабжения потребителей водой пределом расчетной обеспеченности служат расходы воды 75-97% обеспеченности.

Нормативные значения расчетной обеспеченности отдачи устанавливают на основании опыта, накопленного практикой проектирования. Все водопотребители по степени бесперебойности в подаче воды делят на 3 группы:

- не допускающие перерыва или уменьшения подачи воды;
- не допускающие перерыва, но разрешающие кратковременное снижение подачи воды (определяемое технологией производства);

- допускающие кратковременный перерыв или уменьшение подачи воды.

К первой группе относят объекты специального назначения, крупные промышленные центры и отдельные предприятия, системы коммунального водоснабжения; расчетную обеспеченность для этой группы принимают 95-97% и более (до 99%).

Во вторую группу входит большинство промышленных предприятий; расчетная обеспеченность в этом случае составляет 95%.

В третью группу включают оросительные системы, гидроэлектростанции, водный транспорт, рыбное хозяйство и другие объекты. Расчетная обеспеченность для этой группы находится в следующих пределах (%): для ГЭС-90, для орошения – 85, для водного транспорта – 80-90, для рыбного хозяйства – 75-85.

Расчетную обеспеченность отдачи ($p\%$) обычно назначают в нормативном порядке применительно к виду потребителя воды и степени допустимости перебоев в ее подаче. Потребление за год при сезонном регулировании стока не должно превосходить объем стока расчетного водохозяйственного года.

Основные методы расчетов регулирования стока. Расчет регулирования стока заключается в определении объемов водохранилища и соответствующих им уровней воды.

Методы расчета регулирования стока можно разделить на две группы: *расчеты по календарным стоковым рядам* (балансовые расчеты) и *обобщенные методы*, основанные на использовании математической статистики и теории вероятностей.

Балансовые методы расчета водохранилища выполняют по данным многолетних гидрологических наблюдений.

Расчет непосредственно по стоку истекшего периода (по календарным рядам) отличается наглядностью и удобством применения к любому виду регулирования стока. Его основные недостатки – невозможность использования при отсутствии продолжительных наблюдений за стоком реки и неопределенность в оценке обеспеченности отдачи из водохранилища.

Обобщенные методы основаны на использовании методов математической статистики и теории вероятности. Эти методы позволяют выявить множество возможных сочетаний характе-

ристик стока, полнее использовать информацию, содержащуюся в исходном ряду. К числу недостатков обобщенных методов можно отнести ненаглядность, а также абстрактность водохозяйственных расчетов, при которой за сложными математическими построениями затушевывается роль генетических факторов в формировании закономерностей стока.

В связи с этим при водохозяйственном проектировании целесообразно сочетать элементы обоих методов расчета. Взаимно дополняя друг друга, они позволяют с достаточной полнотой и достоверностью установить необходимые расчетные параметры и проектный режим работы водохранилища.

Определение мертвого объема водохранилища. Мертвый объем ($V_{мо}$) – это постоянная часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не срабатывается и в регулировании стока не участвует. Мертвый объем ($V_{мо}$) и соответствующий ему УМО определяют расчетами с учетом ряда условий и соображений.

На реках, транспортирующих большое количество наносов, мертвый объем необходим для аккумуляции твердого стока, чтобы предотвратить уменьшение полезного объема в течение расчетного срока службы водохранилища, продолжительность которого принимают в зависимости от назначения водохранилища от 25 до 50 лет.

На водохранилищах, используемых для коммунально-бытового водоснабжения и рыбного хозяйства, главными факторами, определяющими значение и отметку УМО, являются санитарно-технические требования и условия обеспечения необходимого качества воды.

Во избежание прогрева воды, зарастания водохранилищ и ухудшения гидрохимического и гидробиологического режимов в них в летнее время средняя глубина при УМО должна быть не менее 2,0-2,5 м (в прудах – 1,5-2,0 м), а площадь мелководья с глубинами менее 2 м – не более 30% площади водохранилища, т.е. критерий литорали должен быть $L_{\omega} \leq 0,3$.

При транспортном использовании водохранилища УМО определяют как минимальный навигационный уровень, обеспечивающий необходимые глубины для судоходства.

На ГЭС УМО назначают из условия, чтобы снижение напора на гидроагрегатах при сработке водохранилища до УМО составляло не более 20-30%.

В водохранилищах для коммунального и промышленного водоснабжения, орошения, ТЭС, АЭС и при минимальном уровне воды, соответствующем УМО, должны быть обеспечены условия для нормальной бесперебойной работы водозаборных сооружений. В частности, при использовании водохранилища для самотечного орошения УМО назначают из условия командования, т.е. чтобы было обеспечено поступление воды в каналы оросительной системы.

Рыбное хозяйство при назначении УМО предъявляет свои требования: обеспечение рыбе достаточного пространства, площади, корма и воздуха, недопущение закупорки зимовальных ям льдом при зимней сработке водохранилища.

Окончательно отметка УМО водохранилища назначается с учетом требований всех водопользователей и водопотребителей.

1.6. Заиление водохранилищ

Процесс заполнения водохранилища наносами называют *заилением*. Отложения, сформировавшиеся в водохранилище в процессе его заиления, образуют так называемое *тело заиления*.

Процессы осаждения наносов и формирования тела заиления зависят от целого ряда факторов:

- 1) размеров и конфигурации водохранилища;
- 2) устойчивости его берегов;
- 3) режима стока и гранулометрического состава транспортируемых рекой наносов;
- 4) режима сработки и наполнения водохранилища и др.

В среднем в водохранилищах задерживается около 90-95% донных и взвешенных наносов.

С течением времени мертвый объем водохранилища может быть полностью заилен. Откладываясь выше уровня мертвого объема, наносы уменьшают полезный объем, и тем самым нарушается нормальная работа водохранилища.

Водохранилище, потерявшее вследствие заиления 70-80% полезного объема, уже не может нормально выполнять свои функции.

1.7. Расчет срока и объема заиления

Продолжительность полного заиления водохранилища до отметки НПУ называют сроком заиления. В качестве основной характеристики срока заиления водохранилища принимают показатель **условной заиляемости** (лет):

$$t_y = V_{\text{нпу}}/G, \quad (1.17)$$

где $V_{\text{нпу}}$ – объем водохранилища при НПУ, м^3 ;

G – среднегодовое количество наносов, отложившихся в водохранилище за год, м^3 .

Показатель условной заиляемости характеризует продолжительность заиления водохранилища до отметки НПУ при условии полного осаждения поступающих в водоем наносов.

В тех случаях, когда показатель условной заиляемости (t_y) оказывается менее 200 лет для крупных водохранилищ и менее 50 лет для прудов, выполняют хронологический расчет заиления. Считается, что интенсивность заиления водохранилища затухает во времени по мере уменьшения его емкости.

При расчетах заиления водохранилищ употребляется также термин *срок службы водохранилища*, предложенный М.В. Потаповым. Под сроком службы водохранилища понимают время, в течение которого наносами заполняется мертвый объем:

$$T = V_{\text{МО}}/G. \quad (1.18)$$

Следовательно, мертвый объем $V_{\text{МО}} = G T$,

где T – срок службы водохранилища, лет;

G – годовое количество наносов, м^3 ;

$$G = \frac{\rho_m}{\gamma} W \cdot 10^6, \quad (1.19)$$

где W – среднее количество наносов в сток реки, $\text{м}^3/\text{год}$;

$W = Q \cdot 31,56 \cdot 10^6$, м^3 ;

γ – объемный вес наносов, $\text{т}/\text{м}^3$

ρ_m – среднее количество наносов в сток реки, $\text{г}/\text{м}^3$.

Показатели принимают по данным наблюдений, при отсутствии – по картам мутности.

Переформирование берегов водохранилища. Заполнение мертвого объема водохранилища наносами может происходить и в результате переформирования берегов водохранилища.

Процессы размыва и обрушения берегов водохранилищ, продолжающиеся до образования устойчивой береговой отмели, называют переработкой берега, или переформированием. В результате переработки крутые берега водохранилища отступают, образуются отмели, значительная часть продуктов размыва выносится в глубоководную часть водохранилища. При проектировании водохранилищ необходимо учитывать возможность и размеры переработки берегов, объемы заиления продуктами размыва, последствия этих процессов для эксплуатации водохранилищ и хозяйственного освоения прибрежной территории.

Переформирование берегов – процесс достаточно длительный, сложный и непрерывно затухающий. На его интенсивность влияют ветровое волнение, изменение уровня воды при сработке и наполнении водохранилища, состав грунтов и гидрогеологические условия прибрежной зоны, режим движения влекомых наносов и др. С течением времени формируется устойчивый профиль береговой отмели, достаточно пологий и широкий, защищающий берег от дальнейшего размыва.

На Гилевском водохранилище (р. Алей) отмечается переработка берегов на 20-30 м. Интенсивность накопления илистых наносов на дне водохранилища – 3-5 см/год.

Переформирование берегов идет в направлении спрямления береговой линии с правой и углубления ее в прилегающую местность с левой стороны водохранилища.

Метод, позволяющий прогнозировать наиболее вероятные береговые переформирования, предложен Н.Е. Кондратьевым (рис. 1.7.1). Метод имеет гидродинамическое обоснование, расчет заключается в определении глубины, на которую распространяется действие волнения, и установлении очертания береговой отмели.

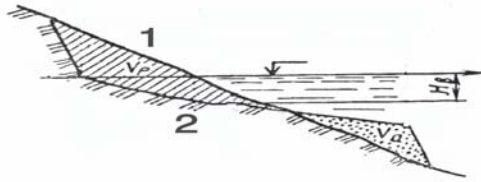


Рис. 1.7.1. Схема переформирования берега водохранилища:
 1 – первоначальный профиль береговой линии;
 2 – прогнозируемый профиль береговой линии

Глубина размывающего действия волны:

$$H_d = 0,64h_i \cdot \operatorname{arsh}(8,1h_i), \quad (1.20)$$

где h_i – расчетная высота волны, м;

arsh – арксинус, т.е. обратный гиперболический синус от $8,1 h_i$.

Для приближенных расчетов глубину размывающего действия волны (H_d) определяют в зависимости от расчетной высоты волны (h_i).

h_i , м	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
H_d , м	0,68	1,72	3,00	4,35	5,80	7,30	8,85	10,40

За расчетную высоту волны принимают ее наибольшую высоту, которая может наблюдаться в открытой части водохранилища в непосредственной близости от рассматриваемого участка берега.

Мероприятия по уменьшению заиления водохранилищ.

Для предотвращения и уменьшения заиления водохранилищ планируют и осуществляют ряд специальных мероприятий. К числу наиболее радикальных относятся следующие:

- организация рационального природопользования (применение почвозащитных севооборотов, залужение и террасирование крутых склонов, облесение и закрепление оврагов, балок, берегов водохранилища и другие агротехнические, культуротехнические и лесомелиоративные мероприятия);

- сооружение в верховьях рек перед регулирующим водохранилищем одного или нескольких специальных водоемов для борьбы с наносами и снижения размывающей способности потока;

- устройство внерусловых наливных водохранилищ, наполняемых и сбрасываемых через обводные каналы; при этом часть паводочного и половодного стока, транспортирующего большое количество наносов, пропускается транзитом, минуя водохранилище;

- проектирование и строительство плотин и гидроузлов, позволяющих периодически промывать водохранилища путем пропуска больших расходов паводочных или половодных вод через донные отверстия при максимально опорожненном водохранилище;

- удаление отложившихся наносов с помощью плавучих земснарядов (землесосов, землечерпалок) и других механизмов.

1.8. Потери воды из водохранилищ

При создании водохранилища вследствие затопления и подтопления части территории возникают дополнительные потери воды, основные из которых – потери на испарение и фильтрацию.

Учет потерь воды — важная часть водохозяйственного расчета водохранилища, необходимая для правильного определения объема и составления баланса водных ресурсов при регулировании стока.

Потери воды на фильтрацию. Подпор, создаваемый плотиной водохранилища, затопление и подтопление значительной территории приводят к увеличению потерь воды на фильтрацию. Последние состоят из фильтрации через дно и берега водохранилища, а также через тело, основание и в обход плотины.

Потери на фильтрацию через тело, основание и в обход плотины относительно невелики. Их удастся свести к минимуму с помощью различных противофильтрационных устройств (понулов, экранов, диафрагм и т.д.), применяющихся при гидротехническом строительстве.

Потери стока на фильтрацию через дно и берега водохранилища идут в основном на пополнение запасов грунтовых вод и зависят от напора и гидрогеологических условий (пород, сла-

гающих долину реки, их водопроницаемости, характера залегания, положения уровня и режима грунтовых вод).

Наиболее значительная фильтрация из водохранилища наблюдается в первые годы его работы. Это объясняется тем, что в период наполнения и начальной эксплуатации водохранилища идет насыщение водой грунта, образующего его чашу, пополнение запасов подземных вод. С течением времени уровень и режим грунтовых вод стабилизируются и фильтрация уменьшается (в 2-3 раза и более). Период стабилизации наступает через 4-5 лет, а на крупных водохранилищах может составлять от 7 до 15 лет и более.

При предварительных расчетах все виды фильтрационных потерь из водохранилища оценивают по приближенным нормативам в виде слоя воды с водной поверхности водоема или в процентах от среднего объема воды за расчетное время в зависимости от гидрогеологических условий (табл. 1.8.1)

При одних и тех же гидрогеологических условиях фильтрация зависит от уровня воды в водохранилище и площади его ложа. Очевидно, что чем больше эти характеристики, тем больше будут потери на фильтрацию.

Таблица 1.8.1

Норма потерь на фильтрацию из водохранилищ
(по Я.Ф. Плешкову)

Гидрогеологические условия	Слой испарения за год, см	% от среднего объема водохранилищ	
		за год	за месяц
Хорошие	0-50	5-10	0,5-1,0
Средние	50-100	10-20	1,0-1,5
Плохие	100-200	20-40	1,5-3,0

Хорошие гидрогеологические условия соответствуют случаю, когда ложе водохранилища сложено водонепроницаемыми породами, а уровень грунтовых вод на участке залегания выше отметок подпорных уровней.

Средние гидрогеологические условия характеризуются маловодопроницаемыми грунтами ложа водохранилища, грунтовые воды находятся выше УМО.

При плохих гидрогеологических условиях чаша водохранилища сложена водопроницаемыми неводоносными породами и имеется отток из водоема на питание грунтовых вод.

Потери воды на испарение. После сооружения водохранилища образуется дополнительная площадь, покрытая водой, следовательно, происходят дополнительные потери воды на испарение, так как испарение с поверхности воды значительно выше, чем с поверхности суши.

Чем больше площадь зеркала водохранилища, тем выше потери воды на испарение.

Для предварительных расчетов потерь воды на испарение используется зависимость слоя испарения от площади водной поверхности водохранилища в определенный период времени:

$$V_3 = Z_d \Omega_3 / 1000, \quad (1.21)$$

где Z_d – слой дополнительного испарения с площади затопления, мм/мес.;

Ω_3 – площадь зеркала водохранилища, км², определяют по батиграфическим кривым водохранилища.

Распределение слоя испарения по месяцам принимается по таблице «Указаний по расчету испарений». Сведения приведены в таблице 1.8.2.

Таблица 1.8.2

Распределение испарения с поверхности малых водоемов по месяцам, % от годового (для Алтайского края)

Зона	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
III					16	25	21	20	14	4		
IV				3	16	22	21	19	12	6	1	

Дополнительное испарение в различных природных зонах неодинаково. Для северных районов оно мало, и его можно рассчитывать приближенно. Для сухой зоны потери на испарение могут быть значительными, и если их не учитывать, то существенно снижается водоотдача водохранилища.

При водохозяйственных расчетах водохранилищ на стадии проектирования обычно строят графики суммарных потерь воды, которые используют также и при эксплуатации водохранилищ.

Мероприятия по уменьшению потерь воды. При проектировании и эксплуатации водохранилищ большое внимание должно уделяться разработке и реализации рациональных мер по уменьшению потерь воды.

Потери на дополнительное испарение можно уменьшить путем посадок по периметру водохранилища лесов, защитных лесополос, сооружения водохранилищ в глубоких выемках, котловинах с крутыми берегами.

Эти мероприятия позволяют снизить скорость ветра и длину разгона воздушного потока и, как результат, уменьшить значение и интенсивность испарения.

Большое количество воды теряется в жаркие периоды года с площади прогреваемых мелководий. Снизить эти потери можно путем обвалования мелководных зон. К мерам по уменьшению потерь на испарение относятся также сработка в летний период поверхностных более теплых слоев воды, увеличение проточности водоема, ликвидация зарослей водной растительности.

Для уменьшения потерь воды на фильтрацию ложе водохранилища покрывают различными водонепроницаемыми одеждами (глинобетоном, битумом, жидким стеклом, полиэтиленовыми пленками), создают слабоводопроницаемые слои грунта, пропитыванием растворами дубильных веществ, уплотнением, кольматацией. Трещины или карстовые пустоты в породах, образующих чашу водохранилища, заполняют различными инъекционными растворами (цементобentonитовыми, маслoбентонитовыми, глиноцементными и др.). Устранение фильтрации в обход подпорных сооружений и под их основание достигается устройством шпунтовых стенок, цементационных завес, диафрагм и т.д.

Контрольные вопросы и задания

1. Когда и почему необходимо регулировать речной сток? Назовите задачи и виды регулирования стока.

2. В чем суть суточного и недельного регулирования стока? Когда эти виды регулирования применяют?

3. Что такое водохранилище? Дайте характеристики водохранилищ, основные составляющие объема и нормативные уровни водохранилищ.

4. Перечислите основные условия, определяющие мертвый объем водохранилища и соответствующий ему уровень.

5. Что следует понимать под расчетной обеспеченностью отдачи, как она назначается и как влияет на полезный объем водохранилища?

6. Каковы причины заиления водохранилищ? Как определить объем и срок заиления? Перечислите основные мероприятия по уменьшению заиления.

7. Какие виды потерь имеют место при сооружении водохранилищ? Назовите причины их возникновения и мероприятия по снижению.

ГЛАВА 2. ИНЖЕНЕРНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Расчет гидрологических характеристик является одной из основных составляющих водохозяйственного расчета водохранилища.

2.1. Общие сведения о гидрологических расчетах

Главная задача инженерной гидрологии – определение гидрологических характеристик, количественно описывающих гидрологический режим рек.

Гидрологические характеристики, которые используют при проектировании водохозяйственных объектов различного назначения (речных гидротехнических сооружений, гидромелиоративных систем, систем водоснабжения и т.д.) и обеспечении их надежной эксплуатации, называют расчетными. К числу основных гидрологических характеристик, количественно отражающих гидрологический режим реки и являющихся расчетными при строительном проектировании, относятся норма стока, максимальные и минимальные расходы, внутригодовое рас-

пределение стока, гидрографы половодий и паводков, расходы и сток наносов.

При гидрологических исследованиях и расчетах речного стока применяют следующие методы:

- *генетические*, основу которых составляет изучение зависимостей между стоком и факторами, определяющими его формирование, качественные и количественные характеристики;

- *статистические*, рассматривающие гидрологические процессы как случайные (стохастические) и опирающиеся на математическую статистику и теорию вероятностей.

Процессы формирования стока исключительно сложны и являются результатом действия большого числа факторов (климатических, ландшафтных, почвенно-гидрогеологических и др.), которые, в свою очередь, подвержены колебаниям случайного характера. В связи с этим в инженерной гидрологии, особенно при расчетах стока, применяют статистические методы, позволяющие получать количественные характеристики стока путем статистической обработки гидрометрических и других материалов наблюдений за стоком и влияющими на него факторами. Генетические методы в основном используют при изучении гидрологических процессов, выявлении и анализе причинно-следственных связей между стоком и стокообразующими факторами, а также при физическом и математическом моделировании процессов формирования стока.

Основной источник сведений о стоке – непосредственные наблюдения за гидрологическим режимом водных объектов, элементами водного баланса, другими стокоформирующими факторами, которые систематически осуществляются на государственной сети гидрологических и региональных водно-балансовых станций и постов и в обобщенном виде публикуются в материалах Государственного водного кадастра. Кроме того, при изучении водных объектов проводят экспедиционные исследования, когда необходимо в сравнительно короткие сроки получить нужные материалы о гидрологических характеристиках и особенностях водного режима, а также лабораторные и полевые эксперименты, позволяющие более глубоко раскрыть физическую сущность и взаимосвязь гидрологических явлений и процессов.

В зависимости от полноты исходной информации в практике гидрологических расчетов могут встречаться следующие случаи:

- при наличии данных гидрометрических наблюдений расчеты выполняются непосредственно с их использованием;
- при недостаточности данных гидрометрических наблюдений – приведением их к многолетнему периоду по данным рек-аналогов с более длительными рядами наблюдений;
- при отсутствии данных гидрометрических наблюдений – по формулам с применением данных о реках-аналогах и картам, основанным на совокупности наблюдений всей сети гидрометрических станций и постов изучаемого района.

Методы определения расчетных гидрологических характеристик в каждом из указанных случаев регламентированы СНиП 2.01.14-83 и СП 33-101-2003, и все гидрологические расчеты при проектировании речных гидротехнических сооружений, железных и автомобильных дорог, сооружений гидромелиоративных систем, систем водоснабжения и других должны осуществляться в строгом соответствии с этим нормативным документом.

2.2. Норма стока и ее определение

Количество воды, стекающей с данного бассейна за год, называют годовым стоком. Годовой сток в каком-либо створе реки непостоянен во времени. Он непрерывно колеблется в зависимости от климатических (осадки, испарение и др.) и физико-географических (рельеф, площадь и форма бассейна, его почвенный и растительный покров, озерность, залесенность и т.д.) факторов. Длительными наблюдениями установлено, что колебания годового стока носят циклический характер, выражающийся в последовательной смене много- и маловодных лет.

Среднеарифметическое значение годового стока за многолетний период такой продолжительности, при увеличении которой полученное среднее значение существенно не меняется, называют *нормой стока* (Q_0).

Норма стока – очень важная гидрологическая характеристика, которую приходится определять при проектировании гидротехнических сооружений, гидромелиоративных систем и других водохозяйственных объектов.

Расчет нормы стока при наличии данных гидрометрических наблюдений. Как уже говорилось выше, норма стока – это среднеарифметическое значение годового стока за многолетний период. Таким образом, чем длиннее ряд наблюдений, тем точнее можно определить Q_0 :

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.1)$$

где Q_i – средний годовой расход воды за i -тый год;
 n – число лет наблюдений.

Норма стока характеризует положение центра, вокруг которого колеблются отдельные значения ряда наблюдений.

Расчет нормы стока при недостаточном ряде гидрометрических наблюдений.

1. **Метод корреляции** применяется для сооружений 1-го и 2-го классов капитальности.

Для применения метода необходимо иметь параллельные наблюдения в изучаемом и аналогичном бассейнах не менее чем 10-15 лет.

Норму стока находят по уравнению регрессии:

$$Q_0 = Q_n + r_n \frac{\sigma_Q}{\sigma_{Qa}} (Q_{0,a} - Q_{n,a}), \quad (2.2)$$

где Q_0 – норма стока;

Q_n – величина среднего стока за короткий период наблюдения 10-15 лет;

r_n – коэффициент корреляции (должен быть не более 0,8);

a – индекс, означающий, что данная характеристика принадлежит аналогу.

δ_Q – среднеквадратичное отклонение среднегодовых расходов воды от нормы стока.

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_0)^2}{n - 1}}. \quad (2.3)$$

Коэффициент корреляции определяется по формуле:

$$r_n = \frac{\sum (\Delta M_n \Delta M_a)}{\sqrt{\sum (\Delta M_n)^2 \sum (\Delta M_a)^2}}, \quad (2.4)$$

где $\Delta M_n = M_{n,i} - M_{n,cp}$;

$\Delta M_a = M_{a,i} - M_{a,cp}$;

$M = \frac{Q_0}{F} \cdot 10^3$, л/с км² – модуль стока показывает, сколько во-

ды стекает с 1 км² площади водосбора в 1 сек.

Норму стока в изучаемом бассейне с коротким рядом наблюдений (не менее 6 лет) можно определить **по графику связи** бассейна-аналога, имеющего длительный ряд наблюдений, путем графического приведения стока к многолетнему периоду.

На координатную сетку наносят величины годового стока за период параллельных наблюдений в изучаемом и аналогичном бассейнах. По этим точкам проводят линию связи.

Метод аналитического приведения стока к многолетнему применяется при сроке наблюдения менее 5 лет.

Исходят из предположения, что линия связи двух бассейнов проходит через начало координат, а соотношение стока за различные периоды – постоянно.

$$\frac{Q_{cp}}{Q_{cp,a}} = \frac{Q_0}{Q_{0,a}}, \quad \text{тогда } Q_0 = Q_{0,a} \cdot Q_{cp}/Q_{cp,a} \quad (2.5)$$

где Q_{cp} и $Q_{cp,a}$ – средние значения годового стока за одновременно короткий период наблюдений;

Q_0 и $Q_{0,a}$ – норма стока в изучаемом бассейне и бассейне-аналоге.

При отсутствии наблюдений норму стока определяют по картам изолиний среднемноголетнего стока методом интерполяции между опорными пунктами.

Основные гидрологические характеристики речного стока. Полученную норму в виде среднего многолетнего расхода воды требуется выразить через другие характеристики стока: модуль, слой, объем и коэффициент стока.

Объем стока (**W**) – объемное количество воды, проходящее через поперечное сечение реки в данном створе за опреде-

ленный промежуток времени (год, месяц, сутки, и т.д.), м³; млн м³; км³:

$$W_0 = Q_0 T, \quad (2.6)$$

где T – число секунд за рассматриваемый период

Модуль стока (**M**) — объемное количество воды, проходящее через поперечное сечение реки за 1 с, отнесенное к единице площади водосбора, л/км²:

$$M_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{F}, \quad (2.7)$$

Слой стока (**h**) – объем стока за определенный промежуток времени, отнесенный к единице площади, мм/год:

$$h_0 = \frac{W_0}{F \cdot 10^3}. \quad (2.8)$$

Речной сток может быть выражен в относительных единицах через модульный коэффициент стока (**K**).

Модульный коэффициент (**K**) – отношение одной из величин, характеризующих сток (Q , W , h , M ,) за определенный промежуток времени (месяц, год, и т. д.) к среднему значению соответствующих величин за весь рассматриваемый период.

$$K = Q_{c.r}/Q_0 = h_{c.r}/h_0 = M_{c.r}/M_0 = W_{c.r}/W_0, \quad (2.9)$$

где $Q_{c.r}$ и Q_0 , $h_{c.r}$ и h_0 , $M_{c.r}$ и M_0 , $W_{c.r}$ и W_0 – соответственно, средний годовой и среднемноголетний расход воды, слой стока воды, модуль стока воды, объем стока воды.

Репрезентативность ряда наблюдений. Согласно нормам (СП 33-101-2003), продолжительность ряда наблюдений считается достаточной для установления расчетных значений гидрологических характеристик заданных обеспеченностей, если рассматриваемый период репрезентативен (представителен), однороден, и среднеквадратическая ошибка расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10%.

$$\varepsilon_Q = \frac{C_V}{\sqrt{n}} 100\%, \quad (2.10)$$

где n – продолжительность периода наблюдений, лет;

C_V – коэффициент вариации характеризует относительную меру изменчивости ряда (т.е. отклонение от среднееарифметического значения).

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{Q_0}, \quad (2.11)$$

где σ_Q – среднее квадратическое отклонение годовых расходов от нормы стока, определяется по формуле 4.3.

Репрезентативность, или представительность, ряда выявляется построением сокращенной интегральной кривой, с помощью которой из многолетнего ряда исключаются неполные циклы водности.

Цикл – это сочетание многоводных, маловодных и средних по водности лет. Включение в расчетный период одной многоводной фазы дает преувеличение, только маловодной – преуменьшение нормы стока.

Год является многоводным, если значение среднего расхода больше нормы, и маловодным, если значение среднего годового расхода меньше нормы.

Ввиду циклического характера многолетних колебаний стока очень важно правильно выбрать расчетный период.

Таким образом, репрезентативным при определении нормы стока следует считать такой период наблюдений, который включает несколько полных циклов колебаний годового стока, состоящих из групп много- и маловодных лет. Неполные циклы (имеющие только много- или маловодную фазу) из расчетного ряда наблюдений исключаются. При длинном периоде наблюдений (более 60 лет) норму стока вычисляют с учетом всего ряда, так как в этом случае от прибавления некоторого числа лет, не составляющих полного цикла, среднеарифметическое изменяется незначительно.

2.3. Статистические расчеты характеристик речного стока

При проектировании водохозяйственных объектов требуется знать возможные значения характеристик стока в течение периода эксплуатации.

2.3.1. Эмпирическая кривая обеспеченности

В инженерной практике закономерности колебаний стока и его характеристики принято оценивать с помощью кривых обеспеченности.

Обеспеченностью числового значения гидрологической характеристики называется вероятность его превышения. Вероятность – это мера возможности появления того или иного события (гидрологической характеристики).

При расчете координат эмпирической кривой обеспеченности применяют способ, при котором число членов ряда не превышает нескольких десятков. Он заключается в следующем. Члены хронологического ряда наблюдений за n лет располагают в порядке убывания, где m изменяется от 1 до n .

Для каждого члена такого ряда Q_i вычисляют эмпирическую ежегодную обеспеченность P_m по формуле:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100\%, \quad (2.12)$$

где m – порядковый номер члена ряда;

n – число членов ряда.

Нанося на график точки с координатами (P_m , Q_i) и осредняя их на глаз, получают кривую обеспеченности рассматриваемой гидрологической характеристики (рис. 2.3.1).

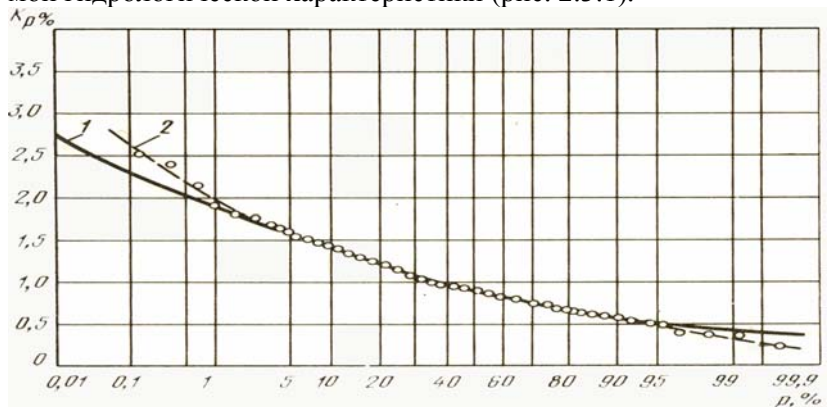


Рис. 2.3.1. Аналитическая (1) и эмпирическая (2) кривые обеспеченности годового стока

Эмпирическую кривую обеспеченности вычерчивают на специальной клетчатке вероятностей. В декартовых координатах верхняя и нижняя ветви кривой, представляющие наибольший практический интерес, имеют большую крутизну, что затрудняет построение и использование кривой. Клетчатка вероятностей позволяет выравнять или даже полностью спрямить ее.

Полученная в общем случае на основе ограниченного числа данных наблюдений эмпирическая кривая обеспеченности слабо или же совсем не освещает концевых участков распределения, относящихся к области больших и малых значений исследуемой характеристики стока. Между тем именно эти участки кривой обеспеченности представляют наибольший интерес при решении ряда инженерно-гидрологических задач (например, при расчетах максимального и минимального стока).

Эта задача в практике расчета характеристик стока решается путем применения аналитических (т.е. описываемых определенным уравнением) функций распределения, наиболее полно отражающих характер колебаний гидрологических величин.

2.3.2. Аналитические кривые обеспеченности и методы определения их параметров

Аналитические функции распределения могут быть заданы в дифференциальной и интегральной форме.

В гидрологической практике в основном используют интегральную форму аналитической функции распределения, которая в гидрологии называется функцией распределения ежегодных вероятностей превышения, а график функции – аналитической кривой обеспеченности.

В настоящее время расчетные гидрологические характеристики при однородности ряда гидрометрических наблюдений рекомендуется определять с помощью двух типов аналитических кривых: трехпараметрического гамма-распределения и биномиального распределения.

В качестве стандартных параметров построения аналитической кривой обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения, полностью характеризующих указанные аналитические кривые распределения, в практике используют норму

стока (Q_0); коэффициент вариации (C_V); коэффициент асимметрии (C_S).

В качестве характеристик для построения биномиальной кривой служат норма стока (Q_0); коэффициент вариации (C_V).

Коэффициент вариации (C_V) характеризует относительную меру изменчивости ряда (т.е. отклонение от среднеарифметического значения). Он является безразмерной характеристикой изменчивости статистической совокупности, удобной для сравнения нескольких рядов наблюдений, различающихся своими средними значениями.

Коэффициент асимметрии (C_S) – мера асимметричности статистического ряда, которая характеризует «форму» распределения случайных значений ряда относительно среднеарифметического значения, является безразмерной величиной. При $C_S > 0$ имеет место положительная асимметрия, т.е. ряд наблюдений включает в себя немногочисленные большие положительные отклонения и многочисленные, но менее значительные отрицательные отклонения.

Случайные ошибки оцениваются **среднеквадратической ошибкой**. Для практических расчетов точность определения статистических характеристик считается достаточной, если их относительные среднеквадратические ошибки меньше или равны 10%. В противном случае для расчета статистических характеристик применяют другие методы (метод аналогии, корреляции и др.):

$$\varepsilon_{c_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \cdot \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} \cdot 100 \% , \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_{c_s} = \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n}(1 + C_v^2)} \cdot 100 \% . \quad (2.14)$$

2.3.3. Расчет параметров аналитической кривой обеспеченности

При наличии ряда гидрологических наблюдений методы определения коэффициентов вариации (C_V) и асимметрии (C_S) представлены рядом подходов аналитического плана.

Метод моментов заключается в том, что искомые параметры распределения выражаются через статистические моменты ряда наблюдений. Когда члены ряда располагаются симметрично относительно среднего значения, разные по величине положительные и отрицательные отклонения от среднего повторяются одинаково часто. Если положительные отклонения (многоводные годы) повторяются реже, чем отрицательные, то асимметрия будет положительной. В противном случае наблюдается отрицательная асимметрия.

Коэффициент вариации определяется по формулам:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n}}, \quad (2.15)$$

а при $n < 30$ лет

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum (K_i - 1)^2}{n - 1}}. \quad (2.16)$$

Коэффициент асимметрии

$$C_S = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{nC_V^3}, \quad (2.17)$$

при $n < 30$ лет

$$C_S = n \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)C_V^3}, \quad (2.18)$$

где n – продолжительность периода наблюдений;

K – модульный коэффициент.

Метод наибольшего правдоподобия заключается в том, что в качестве оценки для неизвестного параметра принимают такое его значение, при котором функция правдоподобия (произведение вероятностей наблюдаемых величин) достигает наибольшего возможного значения.

Согласно данному методу, коэффициент вариации C_V и отношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации C_S/C_V определяется по номограммам в зависимости от статистик λ_2, λ_3 . Номограммы разработаны применительно к трехпараметрическому гамма-распределению [5]:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K}{n-1}; \quad \lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n K \lg K}{n-1}. \quad (2.19)$$

Графоаналитический метод применяется при использовании биномиальной кривой распределения и заключается в том, что параметры аналитической кривой обеспеченности определяются в зависимости от ординат сглаженной «на глаз» эмпирической кривой обеспеченности, соответствующих заданным вероятностям превышения: $P_1 = 5\%$, $P_2 = 50\%$ и $P_3 = 95\%$.

На эмпирической кривой выбирают опорные точки $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$ и $Q_{95\%}$. По этим значениям вычисляют коэффициент скошенности биномиальной кривой обеспеченности:

$$S = \frac{Q_{5\%} + Q_{95\%} - 2Q_{50\%}}{Q_{5\%} - Q_{95\%}}. \quad (2.20)$$

По таблицам по значению коэффициента скошенности (S) определяем значение коэффициента асимметрии C_s , и параметров $\Phi_{5\%}$, $\Phi_{50\%}$, $\Phi_{95\%}$, где Φ – нормированное отклонение ординаты кривой обеспеченности.

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$C_v = \delta_Q / Q_{cp}, \quad (2.21)$$

где δ_Q – среднеквадратичное отклонение, определяется по формуле:

$$\delta_Q = \frac{Q_{5\%} - Q_{95\%}}{\Phi_{5\%} - \Phi_{95\%}}. \quad (2.22)$$

При отсутствии наблюдений за стоком рек коэффициент вариации можно определить по картам или эмпирическим формулам.

Формула Д.Л. Соколовского – М.Э. Шевелева:

$$C_v = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg (F + 1); \quad (2.23)$$

$$C_v = 0,78 - 0,29 \lg M_0 - 0,063 \lg (F+1) - 0,08 \lg (f_{оз} + 1), \quad (2.24)$$

где $f_{оз}$ – площадь озер в % от всей площади водосбора;

F – площадь бассейна, км²;

M_0 – средний многолетний модуль годового стока, л/км².

Формула 2.24 применяется при наличии озер на водосборе.

Формула К.П. Воскресенского:

$$C_v = \frac{A}{q^{0,4}(F + 1000)^{0,1}}, \quad (2.25)$$

где A – определяется методом аналогии (через C_v реки-аналога).

Значение коэффициента асимметрии принимается:

$C_s = 2C_v$ – для зоны избыточного увлажнения;

$C_s = (1,5 - 1,8) C_v$ – для зоны недостаточного увлажнения;

$C_s = 1,5 C_v$ – для засушливых районов.

2.3.4. Построение аналитических кривых обеспеченности

Аналитические кривые обеспеченности при известных параметрах Q_0 , C_v и C_s строят с помощью таблиц, в которых представлены результаты интегрирования соответствующих кривых распределения. Строятся они на том же листе, где построена эмпирическая кривая.

Для построения аналитической кривой обеспеченности трехпараметрического гамма-распределения служит серия таблиц, каждая из которых соответствует определенному соотношению C_s/C_v – от 1 до 4. Ординаты кривой обеспеченности, представленные в этих таблицах в долях среднеарифметического распределения Q (т.е. в виде модульных коэффициентов $K_{p\%}$), даны для значений обеспеченности $P\%$ от 0,001 до 99% при различных коэффициентах вариации C_v – от 0,1 до 1,2 [5].

Для расчета ординат биномиальной кривой обеспеченности используют таблицу Фостера-Рыбкина [2], в которой приведены значения нормированных отклонений от среднего значения ординат биномиальной кривой ($\Phi_{p\%}$) для разных значений обеспеченности ($P\%$) в процентах. Ордината кривой определяется по формуле:

$$K_{p\%} = \Phi_{p\%} \cdot C_v + 1. \quad (2.26)$$

По вычисленным ординатам строят графики аналитических кривых обеспеченности.

Построенную на клетчатке вероятностей аналитическую кривую обеспеченности сопоставляют с эмпирической кривой обеспеченности, т.е. проверяют соответствие принятого типа распределения, включая его параметры, с данными фактических

наблюдений. В практике гидрологических расчетов соответствие (согласие) аналитической кривой обеспеченности данным наблюдений обычно оценивают визуально. Если точки эмпирической кривой обеспеченности не обнаруживают систематических отклонений от принятой аналитической кривой, а как бы осредняют ее, значит, аналитическая кривая обеспеченности сглаживает эмпирическую кривую. Несоответствие эмпирических точек аналитической кривой обеспеченности в общем случае указывает на то, что тип или параметры, принятые для построения аналитической кривой, выбраны неверно. В большинстве случаев, встречающихся на практике, причиной значительного несоответствия эмпирической и аналитической кривых является неточность принятых при построении аналитической кривой параметров, в частности определяемого с большими случайными ошибками коэффициента асимметрии C_s . В этих случаях следует изменить величину C_s и заново построить аналитическую кривую обеспеченности.

2.4. Внутригодовое распределение стока

Установление закономерностей внутригодового хода стока рек по календарным периодам, сезонам и внутри сезонов имеет важное научное и практическое значение, так как на его основе ведется планирование использования водных ресурсов для различных водохозяйственных целей, определяются основные параметры водохранилищ и гидротехнических сооружений.

Установить распределение стока в году очень сложно, так как на внутригодовое распределение стока влияет целый ряд физико-географических факторов, количественный учет которых часто затруднен.

В первую очередь распределение стока зависит от изменения в течение года осадков и температуры воздуха, а следовательно, и испарения. Кроме климатических на распределение стока влияют другие физико-географические факторы, выражающие естественную зарегулированность стока в бассейне. К этой группе факторов относятся: размер и рельеф бассейна, гидрогеологические условия, озерность, залесенность, заболочен-

ность. В общем случае с увеличением зарегулированности стока распределение его в течение года выравнивается: уменьшается величина паводков, и увеличиваются расходы в межень.

Наибольшей регулирующей способностью обладают озера, задерживающие большие количества талых и ливневых вод, что приводит к растягиванию половодья или паводка и уменьшению максимальных расходов. В период межени происходит подпитывание реки из озера, и минимальный сток увеличивается. Таким образом, озера выравнивают сток в течение года. Регулирующая способность озер зависит от их площади и расположения в бассейне. Более эффективно регулируют сток озера, расположенные в нижней части бассейна.

Влияние леса на распределение стока в году заключается в увеличении продолжительности половодья (вследствие удлинения снеготаяния) и в перераспределении поверхностного и подземного стока. Лесные почвы обладают большой инфильтрационной способностью, благодаря чему часть поверхностного стока переходит в подземный, который попадает в реку в период межени. В связи с этим в лесных бассейнах наблюдается снижение половодного и повышение меженного стока. Влияние защитных полос на распределение стока в году аналогично влиянию леса, но оно сказывается несколько сильнее благодаря целесообразному размещению растительности по водосбору.

С увеличением площади бассейна река обычно дренирует более глубокие и водообильные водоносные горизонты. Поэтому площадь бассейна является косвенным показателем подземного питания, более обильного в межень, т.е. показателем выравниваемости внутригодового распределения стока.

Распределение стока в году может значительно измениться в результате хозяйственной деятельности человека: строительства прудов и водохранилищ, осушения болот, устройства лесозащитных полос, проведения агротехнических мероприятий.

Влияние агротехнических мероприятий (травопольная система земледелия, обработка почвы, обвалование, снегозадержание и др.) заключается в задержании влаги на полях и пополнении запасов грунтовых вод, что приводит к уменьшению

весеннего стока и увеличению стока в межень, т.е. к его выравниванию в течение года.

Внутригодовое распределение стока для какого-либо пункта реки не остается постоянным, оно изменяется из года в год, и притом весьма значительно.

Задача и способ расчета внутригодового распределения стока зависят от его назначения и схемы использования. Так, для проектирования водоснабжения наиболее неблагоприятными сезонами являются летняя межень на юге, зимняя – на севере, для орошения интерес представляет распределение стока в вегетационный период. При энергетическом использовании наибольший интерес представляет обычно зимняя межень, при судоходном – период навигации и т.д.

2.4.1. Расчет внутригодового распределения стока

Наиболее правильным с генетической точки зрения методом расчета внутригодового распределения стока является **метод водного баланса**. При этом уравнение водного баланса необходимо решить относительно стока (**W**) для каждого месяца или сезона года:

$$W = X - E \pm U, \quad (2.27)$$

где X – осадки;

E – суммарное испарение;

U – аккумуляционный член, включающий в себя накопление и стаивание снега и льда, накопление и расходование почвенных и грунтовых вод и изменение запасов воды в поверхностных водоемах (в русле и пойме) и на поверхности водосбора.

При рассмотрении внутригодового распределения стока аккумуляционный член играет значительную роль, в некоторых случаях большую, чем составляющие X и E ,

Определение суммарного испарения E представляет большие трудности ввиду того, что еще очень слабо развиты необходимые для этого сетевые наблюдения за запасами влаги в почве, в грунтовых водах и др.

Поэтому метод водного баланса, несмотря на полную его теоретическую ясность, в расчетах внутригодового режима стока пока не получил широкого применения. В настоящее время

более развиты способы расчета внутригодового распределения стока, основанные на изучении его закономерностей и применении методов математической статистики.

Метод компоновки. Расчет внутригодового распределения стока по методу компоновки делится на 2 части:

- межсезонное распределение, имеющее наиболее важное значение и рассчитываемое более точно;

- внутрисезонное распределение (по месяцам или декадам), устанавливающиеся более приближенно, с некоторой схематизацией.

Такое деление вызывается тем, что распределение стока внутри какого-либо гидрологического сезона зависит от его водности, а не от водности года. Например, равномерное распределение стока летом и осенью соответствует низкой водности, так как в этом случае сток в основном определяется устойчивым грунтовым питанием, и, наоборот, неравномерное распределение соответствует большой водности сезона, обусловливаемой дождевыми паводками.

Для исследований и расчета межсезонного распределения стока целесообразно делить год на 2 основных периода: многоводный и маловодный. Выделение периодов зависит от типа распределения стока в году. Для практических задач проектирования с целью большей детализации межсезонного распределения, один из периодов (чаще маловодный) делят, в свою очередь, на 2 сезона. Всего в году должно быть не более 3 сезонов. В зависимости от типа внутригодового распределения стока и целей водопотребления один из периодов принимается лимитирующим.

Лимитирующий – это критический период в отношении использования стока, т.е. период, в котором создаются неблагоприятные условия работы водохозяйственной установки. Внутри лимитирующего периода может быть выделен лимитирующий сезон. При использовании стока рек с весенним половодьем для орошения лимитирующим сезоном будет летне-осенний.

В соответствии с делением года на сезоны расчет внутригодового распределения стока ведут не по календарным годам, а по водохозяйственным, которые начинаются с многоводного

периода. Сроки сезонов назначают едиными для всех лет ряда с округлением их до целого месяца.

Внутрисезонное распределение стока зависит от водности сезона. Поэтому расчет внутрисезонного распределения следует вести отдельно для различных групп водности. Практически достаточно принять 3 градации водности: многоводную, к которой относится сток с обеспеченностью $P < 33\%$, среднюю – с обеспеченностью от 33 до 66% и маловодную – с обеспеченностью $P > 66\%$.

Полученное таким образом распределение стока в году является расчетным и не содержит в себе индивидуальных особенностей, свойственных отдельным реальным годам.

Метод компоновки рекомендуется применять для расчета внутригодового распределения стока при наличии данных наблюдений не меньше чем за 10 лет при условии, что в этот период входят маловодные, многоводные и средние по водности годы.

Метод реального года. Сущность данного метода состоит в том, что из числа фактических гидрографов в качестве расчетного выбирается тот, у которого обеспеченность годового стока, лимитирующего периода и сезона близки к расчетной обеспеченности.

Если необходимо отобрать маловодный год, т.е. если расчетная обеспеченность имеет значение, например, 75 или 95%, анализируются только маловодные годы с обеспеченностью от 67 до 100% (последняя треть убывающего ряда расходов).

Выбрать расчетный гидрограф по способу реального года можно обоснованно только при большом числе наблюдений – порядка 20 лет и более. При меньшем периоде наблюдений относительная водность года и сезона (обеспеченность) не может быть достаточно надежно установлена. Так, при коротком ряде наблюдений может оказаться, что все имеющиеся годы наблюдений – маловодные, и из их числа нельзя выбрать ни среднего, ни многоводного года, а только маловодный год.

При регулировании речного стока, применяемом при расчетах в мелиорации и водохозяйственном водоснабжении, для вычислений требуются маловодные годы расчетной обеспеченностью 75-95%.

При отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений расчет внутригодового распределения стока ведут по методу гидрологической аналогии с использованием рек-аналогов.

При отсутствии надежных аналогов внутригодовое распределение стока рассчитывают по региональным эмпирическим зависимостям статистических параметров сезонного стока от определяющих его факторов (площади водосбора, его средней высоты, характера почв (грунтов), озерности, заболоченности и др.)

2.5. Максимальный сток рек

В общем случае максимальным стоком называют процесс формирования высокого стока в форме весенних половодий или дождевых паводков. В гидрологической практике это понятие отождествляют с объемом или слоем стока за основную волну половодья или за наибольший дождевой паводок. Часто под максимальным стоком подразумевают максимальный расход, соответствующий наибольшему расходу воды в период весеннего половодья или наивысшего дождевого паводка (наибольший средний суточный расход и наибольший мгновенный срочный расход воды).

Максимальным расчетным расходом называют расход, на пропуск которого рассчитывают водопропускные и водосбросные отверстия гидротехнических сооружений, мостовые отверстия и т.д. Занижение максимального расчетного расхода приводит к переполнению водохранилищ и разрушению сооружений, что влечет за собой значительный материальный ущерб. В случае заселенности местности, расположенной ниже сооружения, выбор максимального расчетного расхода выходит за пределы экономических соображений и перерастает в социальную проблему, связанную с безопасностью людей. Завышение расчетного максимального расхода удорожает стоимость сооружения, что снижает его экономическую эффективность.

Расчетная ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) максимальных расчетных расходов устанавливается нормативными документами (СНиП 33-01-2003), которые определя-

ют ее в зависимости от рода сооружения, класса капитальности и условий эксплуатации. При проектировании плотин, дамб и других гидротехнических сооружений верхним пределом расчетной обеспеченности надежности сооружения служат максимальные расходы воды обеспеченностью от 0,1 до 5% в зависимости от класса капитальности сооружения (СНиП 33-01-2003).

Максимальные расходы разделяют по их происхождению на максимумы, формирующиеся от снеготаяния, максимумы, формирующиеся от дождей, максимумы смешанные, которые рассчитывают раздельно.

При проектировании сооружений принимают наибольший расчетный расход (исходя из 3 случаев расчета).

2.5.1. Расчет максимального стока

При наличии ряда наблюдений (Q_{\max}) определяют по кривым обеспеченности. Параметры кривой: средний многолетний максимальный расход ($Q_{\max, \text{cp}}$), коэффициент вариации (C_v) и коэффициент асимметрии (C_s) рассчитываются теми же способами, что и для годового стока, только по каждому году выбираются максимальные значения расходов воды.

При недостаточности исходных данных параметры кривой обеспеченности приводят к многолетним значениям методом корреляции или с помощью графика связи рек-аналогов. Значения параметра C_s можно выбрать в зависимости от генетического происхождения максимального стока:

- для расходов талых вод равнинных рек $C_s = (2-2,5) C_v$;
- для дождевых расходов равнинных рек $C_s = (3-4) C_v$;
- для расходов воды горных рек $C_s = 4 C_v$.

При отсутствии гидрометрических данных максимальные расходы весеннего половодья на реках определяют по эмпирическим формулам.

Расчетный максимальный расход воды весеннего половодья Q_p м³/с, заданной ежегодной вероятностью превышения $P\%$ для равнинных и горных рек, определяют по формуле:

$$Q_p = M_p \cdot F = \frac{k_0 h_p \mu F}{(F + F_1)^{n_1}} \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2, \quad (2,28)$$

где Q_p – расчетный мгновенный максимальный расход талых вод заданной обеспеченности, $\text{м}^3/\text{с}$;

M_p – модуль максимального расчетного расхода заданной обеспеченности $P\%$, $\text{м}^3/\text{км}^2$;

F – площадь водосбора, км^2 ;

F_1 – дополнительная площадь водосбора, учитывающая снижение редукиции при малых значениях площади водосбора;

δ – коэффициент, учитывающий влияние проточных озер, прудов и водохранилищ:

$$\delta = 1/(1 + cf_{оз}), \quad (2.29)$$

где $f_{оз}$ – коэффициент озерности,

c – зависит от слоя стока

$h > 100$ 90-55 54-20 < 20

c 0,2 0,2-0,3 0,3-0,4 0,4

δ_1, δ_2 – коэффициенты, учитывающие снижение расхода в залесенных и заболоченных поймах, рассчитываются по формуле:

$$\delta_1 = \alpha/(f_{л} + 1)^{n_2}, \quad (2.30)$$

где $f_{л}$ – коэффициент залесенности;

α – зависит от залесенности водосбора;

n_2 – показатель степени редукиции.

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1f_{б} + 1), \quad (2.31)$$

где $f_{б}$ – коэффициент заболоченности;

β – зависит от типа болот;

h_p – расчетный слой суммарного весеннего стока, мм, определяется по формуле:

$$h_p = K_p h_{\max}, \quad (2.32)$$

где K_p – ордината аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения заданной вероятности превышения, определяется в зависимости от коэффициента вариации C_V для максимальных расходов;

h_{\max} – находят по карте или реке-аналогу;

k_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров слоя стока и Q_{\max} ;

n_1 – показатель степени редукиции.

Значения параметров μ , k_0 и n_1 зависят от природной зоны, категории рельефа и расчетной вероятности превышения.

К первой категории рельефа относят реки, большая часть которых располагается в пределах холмистых и платообразных возвышенностей; ко второй – реки, в бассейнах которых холмистые возвышенности чередуются с понижениями между ними; к третьей – реки, большая часть бассейнов которых располагается в пределах плоских низменностей, а также реки, имеющие широкие заболоченные поймы. Основные данные приведены в таблицах 2.5.1. и 2.5.2.

Таблица 2.5.1

Параметры k_0 и n_1 для равнинных рек

Природная зона	n_1	k_0 при категории рельефа		
		первая	вторая	третья
Зона тундры и лесная зона				
Европейская территория РФ и Восточная Сибирь	0,17	0,010	0,008	0,006
Западная Сибирь	0,25	0,015	0,013	0,010
Лесостепная и степная зоны				
Европейская территория РФ (без Сев. Кавказа)	0,25	0,030	0,017	0,012
Северный Кавказ	0,25	0,030	0,025	0,015
Западная Сибирь	0,25	0,030	0,020	0,015
Зона засушливых степей и полупустынь				
Западный и Центральный Казахстан	0,35	0,060	0,040	0,030

При проектировании сооружений 1-го класса, рассчитываемых на расход обеспеченностью $P = 0,01\%$, к максимальному расходу Q_p , определенному по кривой обеспеченности, прибавляют гарантийную поправку ΔQ_p

$$Q_p' = Q_p + \Delta Q_p;$$

$$\Delta Q_p = \frac{aE_p}{\sqrt{n}} Q_p, \quad (2.33)$$

где a – коэффициент, характеризующий гидрологическую изученность бассейна;

$a = 0,7$ – для рек, расположенных в гидрологически изученных областях;

$a = 1,5$ – для рек, расположенных в слабо изученных в гидрологическом отношении областях;

E_p – относительная среднеквадратическая ошибка ординаты кривой обеспеченности, которая зависит от значения коэффициентов вариации и асимметрии.

Таблица 2.5.2

Значения коэффициента μ

Природная зона	Вероятность превышения, %			
	0,1	1,0	3,0	5,0
Зона тундры и лесная зона				
Европейская территория РФ	1,0	1,0	0,95	0,92
Восточная и Западная Сибирь	1,04	1,0	0,98	0,96
Лесостепная и степная зоны				
При $F \geq 200 \text{ км}^2$	1,05	1,0	0,96	0,94
При $F \leq 200 \text{ км}^2$	1,10	1,0	0,93	0,87
Зона засушливых степей и полупустынь	1,02	1,0	0,98	0,97

2.6. Минимальный сток и его расчеты

Минимальный сток формируется в период межени, когда поверхностный сток минимален или совсем отсутствует, и река питается за счет грунтовых вод.

На реках зон избыточного увлажнения (тундровая и лесная) минимальный сток обычно наблюдается зимой, на реках зоны недостаточного увлажнения – летом. Реки лесостепной зоны с переменным увлажнением могут иметь минимальные расходы как летом, так и зимой.

Важнейшими факторами, влияющими на процессы формирования минимального стока и его величину, являются климатические, почвенно-геологические и гидрогеологические. Кроме того, на минимальный сток влияет наличие в бассейне озер, лесов, болот, а также размер бассейна.

В период минимального стока река питается только за счет грунтовых вод. Когда поверхностный сток практически отсутствует длительный период, то подземные запасы воды, питающие реку, могут истощаться, река пересыхает, а зимой промерзает. В этом случае минимальный сток падает до нуля.

Определение Q_{\min} необходимо при проектировании систем водоснабжения, орошения, обводнения земель, судоходства и т.д.

За критерий при назначении расчетного минимального расхода реки принимают ежегодную вероятность превышения (обеспеченность): при проектировании орошения – 75-85%, водоснабжения – 95-97, энергетики – 90%.

Для определения расчетного минимального расхода используют данные наблюдений по стоку за зимний и летне-осенний периоды. Расчет ведут по среднемесячным расходам, по средним за 30 дней с наименьшим стоком или по среднесуточным.

Среднемесячные расходы рекомендуется использовать в том случае, когда меженный период продолжительный и устойчивый (длится не менее 2 месяцев и не прерывается паводками).

Минимальные расходы, средние за 30 дней, с наименьшим стоком используют при короткой и прерывистой межени. Короткой считается межень продолжительностью менее 2 месяцев и прерывистой, если она прерывается паводками.

При наличии гидрометрических наблюдений расчетные минимальные расходы определяются по кривым обеспеченности. Параметры кривой ($Q_{\min, cp}$, C_v и C_s) вычисляют методом моментов или графоаналитическим методом.

При отсутствии или недостаточном ряде наблюдений расчетный минимальный расход равнинных рек определяется по картам изолиний 30-дневного модуля стока 80% обеспеченности путем интерполяции между изолиниями. Точность определения – 10-20%.

Значения минимального 30-дневного модуля стока переводим в 30-дневный расход 80% обеспеченности:

$$Q_{80\%} = M_{80\%} F/1000. \quad (2.34)$$

Минимальный расход расчетной обеспеченности определяем по формуле:

$$Q_{\min,p} = Q_{80\%} \lambda_p, \quad (2.35)$$

где λ_p – переходной коэффициент к расходу другой обеспеченности.

Для малых рек:

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a (F + f_0)^n, \quad (2.36)$$

где параметры a , f_0 , n зависят от географии района.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое норма годового стока? Как ее определяют при наличии многолетних гидрометрических наблюдений, какие условия при этом должны выполняться?

2. Как определить норму стока при недостаточности или отсутствии данных наблюдений?

3. Что понимают под обеспеченностью гидрологической характеристики? Какие параметры необходимо знать, чтобы построить аналитическую кривую обеспеченности?

4. По каким параметрам определяют ординаты аналитической кривой трехпараметрического гамма-распределения? Охарактеризуйте методы расчета.

5. Какие параметры служат для определения ординаты аналитической биномиальной кривой? Перечислите методы расчета.

6. Как построить эмпирическую кривую обеспеченности, если имеется ряд гидрометрических наблюдений? Для чего необходима эта кривая?

7. В чем заключается расчет внутригодового распределения стока методом компоновки, когда он применим и в чем его отличие от метода реального года?

8. Что понимают под расчетным максимальным расходом воды? Как назначают обеспеченность этого расхода при проектировании гидротехнических сооружений и гидромелиоративных систем?

9. Как определить расчетный максимальный расход при наличии многолетних наблюдений и при их отсутствии?

ГЛАВА 3. СЕЗОННОЕ (ГОДИЧНОЕ) РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

Необходимость сезонного регулирования стока устанавливают сопоставлением расчетного стока (W) и плановой отдачи (U) по расчетным интервалам времени. Обычно в качестве расчетного интервала в период половодья берут декаду, в межень – месяц. Если в течение расчетного водохозяйственного периода выявляются моменты, в течение которых плановая отдача с учетом потерь превышает расчетный сток, регулирование стока необходимо.

При регулировании стока возможно полное и неполное использование стока. При полном использовании стока приходная и расходная части водохозяйственного баланса равны, сбросы не производят. Полезную емкость водохранилища ($V_{плз}$) определяют по суммарным объемам дефицита.

При неполном использовании объем стока превышает объем дефицита. Полезная емкость водохранилища назначается по суммарному объему дефицита. Превышение объема воды над суммарным объемом отдачи за период регулирования идет на сброс.

В зависимости от величины, последовательности и соотношения периодов избытков и дефицитов возможны следующие режимы работы водохранилища: одноктактный, двухтактный и многотактный (рис. 3.1).

Одноктактный режим характеризуется наличием одной балансовой группы избытков ΔV и одной группы дефицитов Δd (рис. 3.1 а). В этом случае, если объем избытков ΔV превышает объем дефицита Δd , необходимый полезный объем водохранилища:

$$V_{плз} = \Delta d. \quad (3.1)$$

Очевидно, что к моменту времени, соответствующему началу дефицита, водохранилище должно быть наполнено до отметки НПУ, а его полный объем $V_{нпу} = V_{умо} + V_{плз}$. В конце дефицита полезный объем будет полностью сработан, и в водохранилище останется только не подлежащий сработке мертвый объем ($V_{умо}$).

Двухтактный режим работы водохранилища характеризуется наличием в течение расчетного периода двух групп избытков и недостатков. При этом возможны следующие случаи двухтактной работы: с независимым циклом (рис. 3.1 б); с зависимым циклом (рис. 3.1 в) и с промежуточно-зависимым циклом (рис. 3.1 г).

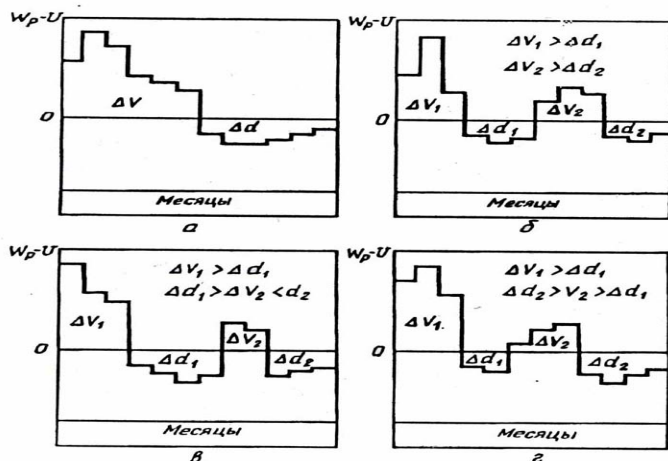


Рис. 3.1. Совмещенные графики притока и отдачи из водохранилища

При двухтактной работе с *независимым циклом* (рис. 3.1 б) каждый из избытков больше следующего за ним дефицита, то есть $\Delta V_1 > \Delta d_1$ и $\Delta V_2 > \Delta d_2$, и расчетный период регулирования делится на 2 независящих друг от друга цикла.

Полезный объем водохранилища в этом случае равен большему из дефицитов:

$$V_{\text{плз}} = \Delta d_{\text{max}}. \quad (3.2)$$

К моменту наступления большего дефицита водохранилище должно быть наполнено до $V_{\text{нпу}}$, к концу этого дефицита сработано до $V_{\text{мо}}$.

При двухтактной работе с *зависимым циклом* (рис. 3.1 в) $\Delta V_1 > \Delta d_1$, а $\Delta d_1 > \Delta V_2 < \Delta d_2$, т.е. для покрытия второго дефицита Δd_2 недостаточно предшествующего ему избытка ΔV_2 и необхо-

димый объем запасают из первого наибольшего избытка ΔV_1 . В этом случае

$$V_{\text{плз}} = \Delta d_1 + \Delta d_2 - \Delta V_2. \quad (3.3)$$

Водохранилище должно быть наполнено до $V_{\text{нпу}}$ к началу первого дефицита, а срабатывается до $V_{\text{умо}}$ к концу второго.

Двухтактный режим с промежуточно-зависимым циклом имеет место, когда $\Delta V_1 > \Delta d_1$, а $\Delta d_2 > \Delta V_2 > \Delta d_1$, т.е. второй избыток ΔV_2 превышает предшествующий ему дефицит Δd_1 , но меньше последующего Δd_2 . При этих условиях полезный объем принимают равным максимальному дефициту:

$$V_{\text{плз}} = \Delta d_{\text{max}}. \quad (3.4)$$

Наполнение водохранилища до $V_{\text{нпу}}$ должно быть завершено к началу максимального дефицита, а опорожнение до $V_{\text{умо}}$ – к его окончанию.

Аналогично изложенному выполняется расчет полезного объема водохранилища и в случае многотактного режима его работы.

При регулировании стока различают прямую и обратную задачи. В **прямой задаче** путем сопоставления расчетного стока и плановой отдачи определяют полезный объем водохранилища, а также режим его работы в зависимости от заданных условий регулирования. Требования водопользователей на воду удовлетворяются полностью. При неполном использовании стока устанавливают порядок проведения сбросов излишков воды.

В **обратной задаче** вычисляют фактическую отдачу при известном стоке реки и заданном условиях проектирования полезном объеме водохранилища.

Как в прямой, так и в обратной задачах обеспеченность отдачи принимается равной обеспеченности стока.

3.1. Таблично-цифровые балансовые расчеты

Таблично-цифровые балансовые расчеты водохранилищ широко распространены в практике проектирования. Их достоинства: простота, возможность проверок и применения ЭВМ.

Полезный объем водохранилища, а также режим его работы (наполнение, сбросы и т.д.) определяют путем последовательного сопоставления по интервалам времени стока расчетно-

го водохозяйственного периода и плановой отдачи. Основной метод – расчет по календарным гидрологическим рядам.

Расчеты регулирования стока по фактическим календарным годам заключаются в последовательном составлении баланса воды для каждого из элементарных отрезков времени, на которые разделяется рассматриваемый период. При этом уравнение баланса имеет вид

$$\Delta V = W - U - V_n - Q_{сб}, \quad (3.5)$$

где ΔV – изменение объема водохранилища за время Δt , м³;

W – расчетный сток (приток к водохранилищу), м³/с;

U – расход отдачи, м³/с;

V_n – объем потерь воды из водохранилища, м³;

$Q_{сб}$ – сбросный расход, м³/с.

Порядок наполнения водохранилища и сбросов излишков воды определяется правилами регулирования. Применяют различные варианты регулирования. Рассмотрим два из них.

По *первому варианту* водохранилище наполняют до $V_{нпу}$ за счет первых избытков и только после этого осуществляют сброс излишков воды через водосбросные сооружения.

При регулировании по *второму варианту* вначале при уровне мертвого объема сбрасывают излишки воды, а затем водохранилище наполняют до НПУ.

Первый вариант более надежный, в нем используются все возможности для скорейшего заполнения водохранилища. Однако этот вариант имеет и недостатки: удлиняется период затопления и подтопления территории, увеличиваются потери воды на испарение и фильтрацию, ускоряется процесс заиления водохранилища, затрудняется проведение гидравлических промывок.

Второй вариант не имеет недостатков первого и поэтому предпочтителен, особенно при эксплуатации водохранилищ, на водотоках, несущих большое количество наносов. Однако для регулирования по этому варианту необходимы донные водосбросные сооружения большой пропускной способности, обеспечивающие сброс в нижний бьеф больших расходов без значительного подъема уровня воды в водохранилище. При этом должна быть исключена возможность наводнения в нижнем бьефе.

3.1.1. Расчет по первому варианту правил регулирования стока

За начало расчета принимают момент, когда водохранилище опорожнено до УМО (т.е. период окончания максимальных дефицитов). В хронологической последовательности вычисляют объем наполнений водохранилища и сбросов на конец расчетного интервала времени (декады, месяца и т.д.).

При этом используют уравнение баланса воды (3.5), которое при условии, что потери воды не учитываются, можно представить в виде

$$V_{кi} = V_{нi} + (W - U)_i - V_{сбi}, \quad (3.6)$$

где $V_{нi}$ и $V_{кi}$ – объем воды в водохранилище (наполнение) соответственно на начало и конец соответствующего расчетного интервала времени Δt , м³;

$(W - U)_i$ – объем избытков или дефицита за время Δt , м³;

$V_{сбi}$ – объем сброса воды за Δt , м³.

Наполнения водохранилища ограничены, с одной стороны, $V_{нпу}$, а с другой – $V_{мо}$. Поэтому должно выполняться условие $V_{нпу} \geq V_{кi} \geq V_{мо}$. Подставляя значение $V_{мо}$ (принимаемое за $V_{н}$) в формулу, находят наполнение на конец месяца. При этом если оказывается, что $V_i > V_{нпу}$, определяется величина сброса, т.к. объем воды в водохранилище не может превышать $V_{нпу}$.

Объем сброса определяется из уравнения (3.6):

$$V_{сбi} = V_i - V_{нпу}.$$

Для каждого последующего расчетного интервала времени за начальное наполнение принимают наполнение в конце предшествующего интервала: $V_{н2} = V_{к1}$; $V_{н3} = V_{к2}$ и т.д. Расчет выполняют последовательно, в хронологическом порядке. В конце расчетного периода $V_{кn} = V_{мо}$.

3.1.2. Расчет по второму варианту правил регулирования стока

В этом случае в порядке, обратном ходу времени, с момента $V_{кn} = V_{мо}$ последовательно вычисляют объемы наполне-

ний и сбросов на начало каждого интервала времени по зависимости:

$$V_{H_i} = V_{K_i} - (W - U)_i + V_{сб_i}. \quad (3.7)$$

Кроме того, сохраняет силу ограничение: $V_{H_{пу}} \geq V_{K_i} \geq \geq V_{умо}$.

В начале расчета $V_{K_n} = V_{мо}$; в конце предшествующего интервала принимают $V_{K_{n-1}} = V_{H_n}$; $V_{K_{n-2}} = V_{K_{n-1}}$ и т.д.

При этом, если оказывается, что $V_{K_i} < V_{H_{пу}}$, определяется величина сброса $V_{сб_i}$, т.к. объем воды в водохранилище не может быть меньше $V_{мо}$.

Объем сброса определяют из уравнения 3.7:

$$V_{сб_i} = V_H - V_K + (W - U).$$

Расчет заканчивается при $V_{H_1} = V_{мо}$.

Пример расчета водохранилища без учета потерь по первому и второму варианту правил регулирования приведен в таблице 3.2.2 (гр. 1-9).

Из таблицы следует, что суммарная величина сброса излишков одинакова, но осуществляются сбросы в различном режиме.

Следует обратить внимание, что за начало расчета по обоим вариантам регулирования принят август – период перехода максимальных дефицитов к избытку, т.е. водохранилище в этот период полностью опустошено до мертвого объема.

Далее приступают к определению полезного объема водохранилища с учетом потерь. Учет потерь воды — важная часть водохозяйственного расчета водохранилища, необходимая для правильного определения объема и составления баланса водных ресурсов при регулировании стока.

Потери воды из водохранилища на испарение и фильтрацию вычисляют в зависимости от объема водохранилища и площади его зеркала за расчетный интервал времени Δt . При этом средний объем воды в водохранилище за расчетный интервал находят как полусумму начального и конечного наполнений по принятому варианту регулирования без учета потерь:

$$V_{ср} = 0,5(V_{H_i} + V_{K_i}). \quad (3.8)$$

Таблица 3.1.3
Расчет водохранилища сезонного регулирования таблично-цифровым способом

Месяц	Расчетный сток, W	Плановая отдача, U	Наполнение без учета потерь				Расчет потерь				Наполнение с учетом потерь					
			Сток минус отдача		I вариант		II вариант		сп. объем вып. (1 вар.)	сп. площ. зер. кава. ЛКМ ²	объем суммарных потерь V _п	Отдача с учетом потерь U _{пр}	W-Убр		I вариант	
			ΔV	Δd	конечн. V _к	ср. V _{сб}	конечн. V _к	ср. V _{сб}					$\Delta V'$	$\Delta d'$	конечн. V _к	ср. V _{сб}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	85	58	27		120		120		134	34	4	62	23		120	
10	79	32	47 $\Delta V_I=74$		147		121	26	170	39	3	35	44 $\Delta V_I=67$		143	
11	26	32		6	194		168		161	43	2	34		8	187	
12	26	32		6	188		162		185	42	2	34		8	179	
1	20	32		12	182		156		176	40	2	34		14	171	
2	20	32		12	170		144		164	38	2	34		14	157	
3	20	32		12 $\Delta d_I=48$	146	56	120	126	152	37	2	34		14 $\Delta d_I=58$	129	18

Окончание табл. 3.1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	184	58	126						181	41	3	61	123			
5	157	58	$\frac{99}{\Delta V_2=225}$		216	99	120	3	216	46	6	64	$\frac{93}{\Delta V_2=216}$		234	93
6	26	58		32	184		184		200	44	7	65		39	195	
7	26	58		32	152		152		168	39	6	64		38	157	
8	26	58		$\frac{37}{\Delta d_3=96}$	120		120		136	35	5	63		$\frac{37}{\Delta d_3=58}$	120	
	$\Sigma 691$	$\Sigma 536$				$\Sigma 155$		$\Sigma 155$								$\Sigma 111$

Среднюю площадь водной поверхности $\Omega_{\text{ср}}$ определяют по батиграфическим кривым $\Omega = \Omega(V)$ в зависимости от среднего объема $V_{\text{ср}}$.

Потери воды приплюсовывают к плановой отдаче, получая полную отдачу (отдачу брутто) за соответствующий интервал времени: $U_{\text{бр}} = U_i + Vn_i$.

Очевидно, что полезный объем водохранилища, вычисленный с учетом потерь воды, больше, чем без их учета (табл. 3.1.3).

3.1.3. Решение обратной задачи

При заданных условиях проектирования – расчетном притоке W_p , плановой отдаче U , норме потерь Vn , а также известном полезном объеме $V_{\text{плз}}$ – находят фактическую отдачу U_f , сбросы $V_{\text{сб}}$ и дефициты отдачи Δd .

Расчет выполняют так называемым цепным способом, используя уравнение водного баланса (3.5), которое в данном случае можно записать следующим образом:

$$U_{f_i} = (Vn_i - V_{k_i}) + W_i - Vn_i - V_{\text{сб}}. \quad (3.9)$$

Выбирают расчетный интервал времени Δt (сутки, декада, месяц). За начальное наполнение обычно принимают $Vn_1 = V_{\text{мо}}$. Для первого интервала времени вычисляют все основные параметры регулирования стока, учитывая потери воды из водохранилища: конечное наполнение V_{k_1} , сброс $V_{\text{сб}}$, фиктивное наполнение V_f с учетом потерь, т.е. наполнение, не ограниченное объемом водохранилища. Формула имеет следующий вид:

$$V_f = V_n + W_p - U - Vn. \quad (3.10)$$

Конечное наполнение водохранилища ограничено полным и мертвым объемами: $Vn_{\text{пу}} \geq V_k \geq V_{\text{мо}}$; объем потерь Vn определяется по графику потерь в зависимости от $V_{\text{ср}} = 0,5 (V_n + V_k)$.

Если оказывается, что $V_f \geq Vn_{\text{пу}}$, принимают конечное наполнение с учетом потерь $V_k = Vn_{\text{пу}}$. В этом случае сброс излишков воды в нижний бьеф $V_{\text{сб}} = V_f - Vn_{\text{пу}}$, дефицит отдачи $\Delta d = 0$, а фактическая отдача (U_f) равна плановой (U).

Если $Vn_{\text{пу}} \geq V_f \geq V_{\text{мо}}$, то $V_k = V_f$, сбросы и дефициты отсутствуют, отдача также равна плановой.

Если же $V_{\phi} < V_{\text{мо}}$ или $V_{\phi} < 0$, то принимают $V_{\text{к}} = V_{\text{мо}}$. В этих условиях возникают дефициты отдачи $\Delta d = V_{\text{умо}} - V_{\phi}$, а фактическая отдача $U_{\phi} = U - \Delta d$ – меньше плановой. При отрицательных значениях V_{ϕ} , дефицит отдачи равен сумме объемов $V_{\text{умо}}$ и V_{ϕ} :

$$\Delta d = V_{\text{умо}} + V_{\phi}.$$

Наполнение водохранилища в конце первого расчетного интервала времени $V_{\text{к}1}$ принимают в качестве начального для второго интервала, т.е. $V_{\text{н}2} = V_{\text{к}1}$; для третьего интервала $V_{\text{н}3} = V_{\text{к}2}$ и т.д. Таким образом, в хронологической последовательности по интервалам времени находят конечные наполнения, сбросы и фактические отдачи за весь период регулирования стока.

Для большей наглядности эти расчеты иллюстрируются графиками, характеризующими наполнения, сработку, сбросы и другие результаты регулирования стока в хронологической последовательности. Надежность и обоснованность балансовых расчетов по календарным рядам можно значительно повысить, сочетая их с расчетами по обобщенным характеристикам с использованием математической статистики и теории вероятностей.

3.2. Графические способы расчета водохранилищ

При расчетах водохранилищ по календарным рядам гидрометрических наблюдений применяют также графические способы. Они отличаются наглядностью, позволяют лучше понять сущность и процесс регулирования стока. Их используют в основном для предварительных и вспомогательных расчетов, а также для анализа особо сложных случаев регулирования стока.

В графических способах расчетов водохранилищ применяют интегральные (суммарные) кривые – изображение в хронологической последовательности нарастания объемов стока, потребления или их разности.

Полные интегральные кривые используют в основном при расчетах без учета потерь воды, так как учесть потери графически сложно, и снижается точность вычислений.

Для построения полной интегральной кривой стока используют гидрограф стока (рис. 3.2.1 а). Площадь элементарной полоски гидрографа с основанием dt и высотой Q дает элементарный объем $dW = Qdt$.

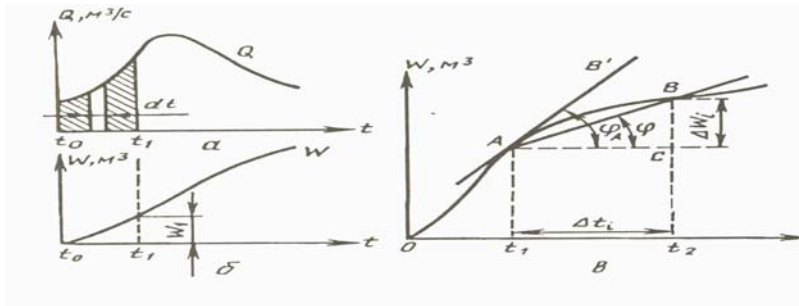


Рис. 3.2.1 а. Гидрограф стока (а)
и полная интегральная кривая (б, в)

Объем стока за время t имеет вид:

$$W(t) = \int_0^t Q dt. \quad (3.11)$$

Последовательно вычисляя стоки W_i соответственно за интервал времени Δt_i и откладывая их в масштабе в прямоугольной системе координат (рис. 3.2.1 б), получаем кривую, характеризующую изменение суммарного стока за рассматриваемый период. Эта кривая носит название **полной интегральной кривой стока**.

Рассмотрим основные свойства полной интегральной кривой (рис. 3.2.2 в):

- если $Q = \text{const}$, то суммарная интегральная кривая представлена прямой линией;
- ордината кривой представляет суммарный сток за период от начала водохозяйственного года (начало координат) до рассматриваемого момента времени;
- разность ординат двух точек кривой равна объему стока за интервал времени между ними Δt ;
- тангенс угла наклона φ к оси абсцисс линии, проходящей через две точки кривой A и B (секущей), характеризует средний

расход Q_{AB} в интервале времени Δt между этими точками: $\operatorname{tg} \varphi = BC/AC = \Delta W/\Delta t = Q_{AB}$, а тангенс угла φ_A наклона к оси абсцисс касательной AB' определяет расход Q_A в точке касания: $\operatorname{tg} \varphi_A = dW/dt = Q_A$.

Полную интегральную (суммарную) кривую можно построить на основе предварительно составленной таблицы или с помощью лучевого масштаба.

Лучевой масштаб – это вспомогательный график, на котором наклон лучей соответствует определенным расходам воды Q .

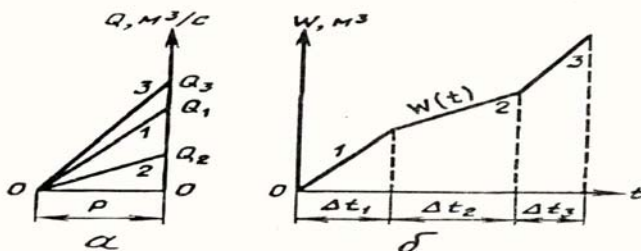


Рис.3.2.1 б. Построение суммарной кривой с помощью лучевого масштаба

Лучевой масштаб позволяет по ступенчатому хронологическому графику расходов построить полную суммарную кривую, не прибегая к вычислению и суммированию объемов. Выбрав удобные для использования масштабы m_w , m_Q и m_t , находят полюсное расстояние P :

$$P = m_Q/m_t. \quad (3.12)$$

На шкале расходов откладывают все расходы Q , рассматриваемого расчетного периода (рис. 3.2.1 а). Затем из полюса лучевого масштаба проводят лучи, соответствующие средним за каждый интервал времени расходам. Полную суммарную кривую строят с первого расчетного интервала, проводя отрезки, параллельные лучу, соответствующему расходу Q_i за интервал времени Δt_i , (рис. 3.2.1 б). Полученная ломаная линия и будет полной суммарной кривой стока.

При водохозяйственном расчете водохранилища на одном чертеже совмещают полную интегральную кривую стока $W(t)$ и

полную интегральную кривую отдачи $U(t)$. Кривые строят в одном масштабе, начиная с момента, соответствующего опорожнению водохранилища до мертвого объема $V_{\text{умо}}$.

Сопоставляя интегральные кривые стока и отдачи (потребления), находят избытки, дефициты, полезный объем и другие показатели регулирования стока.

Рассмотрим однократную работу водохранилища при постоянной отдаче в течение всего периода регулирования (рис. 3.3.2).

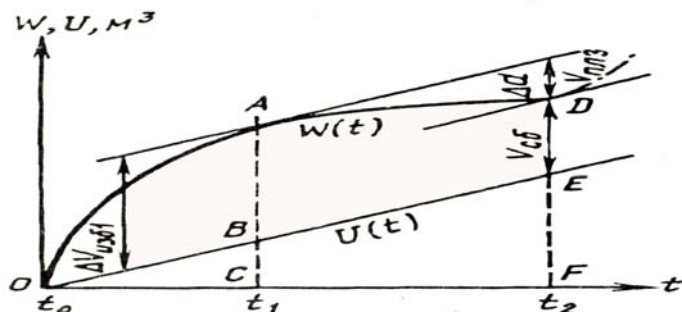


Рис. 3.3.2. Графическое определение полезного объема водохранилища при однократном режиме работы

Сопоставление интегральных кривых стока $W(t)$ и отдачи $U(t)$ позволяет установить определенные закономерности.

1. Суммарный объем стока W за расчетный период превышает суммарное потребление U за этот же период ($DF > EF$). Разность конечных ординат кривых стока и отдачи равна суммарному сбросу $V_{\text{сб}}$.

2. В начальный период регулирования от момента времени t_0 до t_1 наклон к оси абсцисс кривой стока $W(t)$ больше, чем наклон кривой отдачи $U(t)$, следовательно, согласно свойствам интегральных кривых сток Q превышает отдачу q . Проведя верхнюю касательную к кривой стока, параллельную кривой отдачи $U(t)$, находим момент t_1 окончания избыточного стока и перехода к периоду дефицита. Суммарный избыток за время от t_0 до t_1 равен разности ординат кривых стока и отдачи, соответствующих точке верхнего касания, то есть $\Delta V_1 = AC - BC$.

3. С момента t_1 (точка верхнего касания А) до конца расчетного периода t_2 наклон кривой $W(t)$ меньше наклона кривой $U(t)$; очевидно, в течение этого периода расход притока Q меньше расхода отдачи q , и имеет место дефицит. Нижняя касательная, проведенная к кривой стока параллельно кривой отдачи, определит окончание дефицита (точка D), а вертикальное расстояние между предыдущей верхней и последующей нижней касательной – это суммарный объем дефицита Δd за период от t_1 до t_2 и будет соответствовать объему водохранилища, необходимому для регулирования стока, т.е. полезному объему $V_{плз}$.

Следовательно, при однократной работе водохранилища полезный объем $V_{плз}$ равен вертикальному расстоянию между касательными, проведенными параллельно интегральной кривой потребления в начале дефицита (верхняя касательная) и в конце его (нижняя касательная).

Аналогично выполняется расчет водохранилища с помощью интегральных кривых и при двухтактной работе (рис.3.3.3). Проводят верхние и нижние касательные к кривой стока $W(t)$, параллельные кривой отдачи $U(t)$, и находят избытки $\Delta V_1, \Delta V_2$ и дефициты $\Delta d_1, \Delta d_2$. Необходимый полезный объем $V_{плз}$ определяют как наибольшее вертикальное расстояние между предыдущими верхними и последующими нижними касательными, проведенными к кривой стока $W(t)$ параллельно кривой отдачи $U(t)$. При этом верхняя касательная не должна пересекать кривую стока до точки нижнего касания.

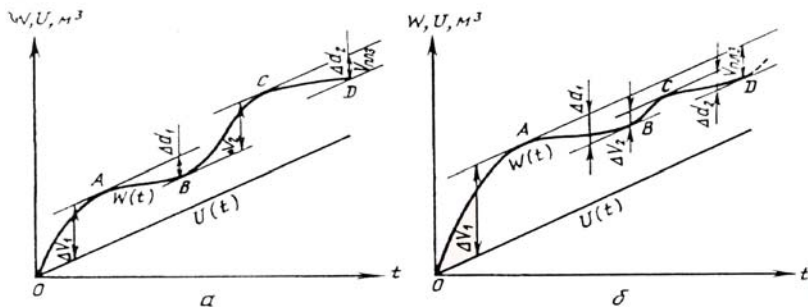


Рис. 3.3.3. Графическое определение полезного объема водохранилища при двухтактной работе с независимым (а) и зависимым (б) циклами

3.3. Графики режима работы водохранилища

Режим работы водохранилища удобно изображать графически. Графики работы водохранилища (наполнения и сбросы) при регулировании по первому и второму вариантам правил регулирования представлены на рисунке 3.3.1.

Для построения графика работы водохранилища по первому варианту регулирования (рис. 3.3.1. а) на оси ординат откладывают отрезок OK , равный полезному объему $V_{плз}$ и проводят линию KR , параллельную кривой отдачи $U(t)$. Точка M пересечения этой линии с кривой стока $W(t)$ определит момент t_1 окончания наполнения водохранилища до необходимого полезного объема (отрезок $MN = V_{плз}$). Поскольку водохранилище полностью наполнено, в нем сохраняется полезный объем ($RB = MN = OK = V_{плз}$) в период от t_1 до t_2 , а излишки воды сбрасываются в нижний бьеф. Суммарный объем сброса определяется отрезком AR . С момента t_2 начинается период дефицита, а следовательно, и сработки водохранилища. Отложив от точки верхнего касания вниз отрезок $AL = V_{плз}$ и проведя линию LD , параллельную кривой отдачи $U(t)$, получим необходимые объемы наполнений водохранилища в период дефицита на участке от t_2 до t_3 .

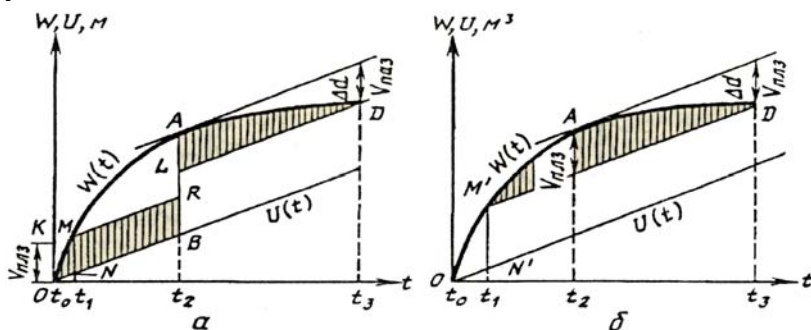


Рис. 3.3.1. Графический расчет наполнений и сбросов водохранилища при однократной работе по первому (а) и второму (б) правилам регулирования

График работы водохранилища по второму варианту регулирования строят следующим образом (рис. 3.3.1 б). От ниж-

ней точки касания (точка D) проводят линию DM , параллельную кривой отдачи $U(t)$, влево до пересечения с суммарной кривой стока $W(t)$. Точка пересечения этой линии с кривой стока определит дату t_1 окончания сброса и начала наполнения водохранилища. Суммарный объем сброса соответствует величине отрезка $M'N'$. Наполнение водохранилища начинается момента t_1 и продолжается до момента t_2 (точка верхнего касания A). В точке t_2 водохранилище наполнено до $V_{НПВ}$. В интервале t_2 - t_3 идет сработка и в конце дефицита (точка D) оно срабатывается до $V_{умо}$.

Графики работы водохранилища при двухтактной работе с независимым циклом по первому и второму вариантам правил регулирования приведены на рисунке 3.3.2.

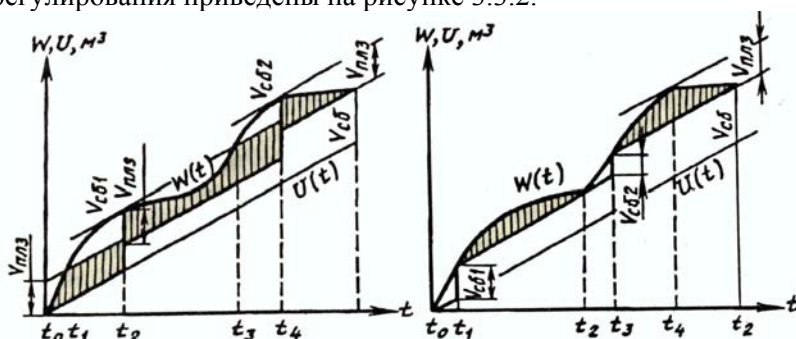


Рис.3.3.2. Графический расчет наполнений и сбросов водохранилища при двухтактной работе по первому (а) и второму (б) правилу регулирования

Если кривая отдачи $U(t)$ не прямая, а ломаная линия, т.е. водопотребление переменное, то это не вносит никаких принципиальных изменений в методику расчета. Точки верхнего касания находят путем перемещения суммарной кривой отдачи вертикально, параллельно самой себе до тех пор, пока какая-либо ее точка не совпадет с кривой стока, а по обе стороны от этой точки кривая потребления будет лежать выше кривой стока.

Аналогично находят и нижние точки касания. При этом следят за тем, чтобы при всех перемещениях суммарной кривой $U(t)$ соблюдалось ее подобие и каждый излом кривой оставался на одной и той же вертикали.

3.4. Графический способ решения обратной задачи регулирования стока

Полные интегральные кривые используются также при приближенных расчетах водохранилищ по типу обратной задачи, то есть когда требуется по заданному стоку и полезному объему водохранилища определить наиболее целесообразное распределение отдачи в течение расчетного периода, построить суммарную кривую отдачи и установить режим наполнений и сбросов. Для этого на чертеже ниже основной интегральной кривой стока строят вторую интегральную кривую, параллельную исходной и отстоящую от нее по вертикали на расстоянии, равном $V_{плз}$.

Основную кривую принимают за линию пустого водохранилища, а кривую, смещенную вниз, – за линию наполненного водохранилища.

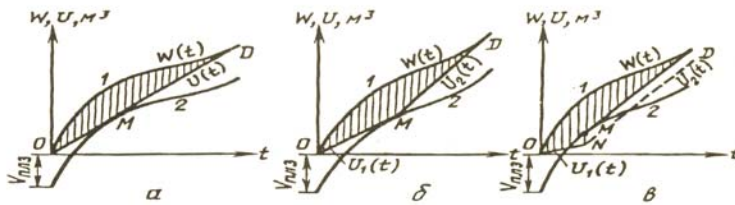


Рис. 3.4.1. Графический расчет водохранилища при заданном стоке и полезном объеме:

- a* и *б* – при полном использовании стока и соответственно при постоянной и переменной отдаче;
- в* – при неполном использовании стока

При графических расчетах водохранилищ сезонного регулирования стока применяют также **разностную интегральную кривую**, которая характеризует непрерывный ход изменения разности суммарных объемов, стока и отдачи во времени:

$$W'(t) = \int_0^t (W_i - U_i) dt, \quad (3.13)$$

где $W'(t)$ – ордината разностной интегральной кривой стока и отдачи.

Разностную интегральную кривую строят в прямоугольных координатах (рис. 3.4.1.), откладывая по оси абсцисс время t и по оси ординат $W'(t)$. В тот период, когда разностная кривая имеет подъем, наблюдаются избытки, а когда кривая имеет спад – дефициты; в верхней экстремальной точке (максимум) осуществляется переход от избыточного стока к дефициту, а в нижней (минимум) – от периода дефицитов к периоду избыточного стока (рис. 3.4.2.). Полезный же объем водохранилища $V_{плз}$ определяется как наибольшая разность ординат предыдущей максимальной и последующей минимальной экстремальных точек разностной интегральной кривой. При этом на участке между указанными экстремальными точками касательная, проведенная к точке верхнего экстремума параллельно оси абсцисс, не должна пересекать разностную кривую.

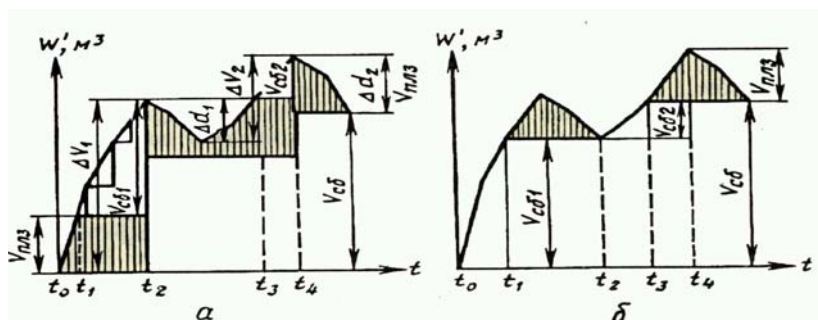


Рис. 3.4.2. Графический расчет водохранилища по разностной интегральной кривой стока и отдачи по первому (а) и второму (б) вариантам регулирования

Графики работы водохранилища с использованием разностной интегральной кривой строят так же, как по полной кривой. Однако вспомогательные линии, посредством которых устанавливают время наполнения водохранилища до $V_{плз}$ и начало сбросов, проводят параллельно оси абсцисс, т.е. горизонтально.

Контрольные вопросы и задания

1. Как установить необходимость и возможность сезонного регулирования стока? Какой период принимается за начало водохозяйственного расчета? Как его определить?
2. Что такое полное и неполное регулирование стока? Сущность прямой и обратной задач регулирования стока.
3. Чем отличаются I и II варианты регулирования стока? Их достоинства и недостатки.
4. От чего зависит объем водохранилища при однократном и двухкратном режиме работы? Что такое зависимый и независимый циклы?
5. Каков порядок расчета полезного объема и наполнений водохранилища сезонного регулирования таблично-цифровым балансовым способом?
6. Какие виды интегральных кривых применяют при расчетах регулирования стока? Перечислите их основные свойства.

ГЛАВА 4. МНОГОЛЕТНЕЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

Если регулирование стока в пределах года недостаточно для покрытия потребности в воде с заданной обеспеченностью ($W_p < U_{бp}$), то применяют многолетнее регулирование стока.

4.1. Сущность и общая методика расчета многолетнего регулирования стока

Многолетнее регулирование – это перераспределение стока в течение многолетнего периода. В этом случае потребность в воде в маловодные годы обеспечивается за счет стока и сработки запасов воды в водохранилище, накопленной в многоводные годы.

Водохранилище многолетнего регулирования используют и для сезонного регулирования стока. Поэтому полезный объем водохранилища многолетнего регулирования стока условно делят на многолетнюю и сезонную составляющие:

$$V_{плз} = V_{мн.} + V_{сез.}, \quad (4.1)$$

где $V_{мн.}$ и $V_{сез.}$ – многолетняя и сезонная составляющие объема, m^3 .

Период сработки многолетней составляющей может изменяться от одного года до нескольких лет, сезонная составляющая используется ежегодно.

Емкость водохранилища многолетнего регулирования не должна быть чрезмерно большой – не более 2-3 годовых стоков.

При расчетах многолетнего регулирования стока за расчетный интервал времени Δt обычно принимают год; колебание стока и отдачи в течение расчетного интервала не учитывают.

Сток, отдачу, объем водохранилища и другие параметры при многолетнем регулировании выражаются как в абсолютных величинах (млн m^3), так и относительных, т.е. в долях среднего многолетнего объема стока W_0 .

Сток в долях среднего многолетнего объема стока называется модульным коэффициентом стока:

$$K_i = W_i/W_0. \quad (4.2)$$

Отдача водохранилища – коэффициентом регулирования стока:

$$\alpha = U/W_0. \quad (4.3)$$

Объем водохранилища характеризуется коэффициентом емкости водохранилища и представляет отношение полезного объема к среднегодовому стоку водного объекта:

$$\beta_{п} = V_{плз}/W_0. \quad (4.4)$$

Различают также степень использования стока, характеризующую коэффициентом использования стока:

$$\eta = \frac{W - V_{сб}}{W}, \quad (4.5)$$

где $V_{пот}$ – годовой объем потерь;

$V_{сб}$ – среднегодовой объем холостого сброса.

Показатели α и η являются основными характеристиками условий регулирования стока и определяют условия обслуживания потребителей воды: размер полезной отдачи, долю потерь и т.п. При регулировании стока на жесткий график отдачи с относительно высокой обеспеченностью коэффициенты α и η

практически совпадают. При невысокой обеспеченности, т.е. при частых перебоях, $\alpha > \eta$.

При водохозяйственных расчетах многолетнего регулирования стока применяют как балансовые методы с использованием календарных рядов длительных гидрометрических наблюдений, так и обобщенные методы, в основу которых положено представление о речном стоке как вероятностном процессе. Очень часто эти методы дополняют друг друга.

4.2. Расчеты многолетнего регулирования стока по календарным гидрологическим рядам

Расчеты многолетнего регулирования стока по календарным рядам применяют при наличии достаточно продолжительного периода гидрометрических наблюдений ($n > 60$ лет). Расчеты выполняют таблично-цифровым или графическим способами, отдельно вычисляя сезонную $V_{сез.}$ и многолетнюю $V_{мн.}$ составляющие полезного объема.

Особенностью расчета водохранилища многолетнего регулирования является то, что полезная отдача обычно заранее жестко не задается. Задача ставится более широко: задаваясь различными значениями потребления, определить для каждого из них необходимый объем водохранилища, а затем на основе технико-экономических расчетов выбрать наивыгоднейший вариант и соответствующие этому варианту объем водохранилища и годовой объем отдачи.

4.2.1. Расчет сезонной составляющей объема

Сезонную составляющую объема в долях среднегодового стока $\beta_{сез}$ приближенно рассчитывают из условия необходимости покрытия сезонных дефицитов в воде в первый год после окончания маловодного периода, то есть когда многолетний запас исчерпан. При этом исходят из среднемноголетнего распределения стока по сезонам как наиболее характерного для данной реки. Считают, что в расчетном году сток равен отдаче $K_{рг} = \alpha$. Год делят на два сезона – половодье и межень. Отдача принимается постоянной в течение всего расчетного года. При этих ус-

Для определения величин m_m и t_m необходимо проанализировать типичное распределение стока по сезонам для многоводных, средних и маловодных лет.

При неравномерной отдаче, например, сосредоточенной в период вегетации, расчет по приведенным выше формулам дает заниженные результаты. В этом случае сезонную составляющую объема можно приближенно определить по зависимости

$$\beta_{\text{сез}} = \alpha_m t_m - \alpha m_m, \quad (4.10)$$

где α_m – коэффициент регулирования стока за межень, т.е. $\alpha_m = U_m / W_0$;

α – коэффициент регулирования стока за год.

Если $K = \alpha$, и полная отдача происходит за период вегетации, например при орошении, сезонно-годовую составляющую приближенно определяют по уравнению

$$\beta_{\text{сез}} = \alpha (1 - m_b), \quad (4.11)$$

где m_b – доля стока периода вегетации от годового.

Для временных водотоков, когда весь сток проходит в половодье, сезонную составляющую полезного объема определяют по формуле М.В. Потапова:

$$\beta_{\text{сез}} = \alpha \beta_0, \quad (4.12)$$

где β_0 – коэффициент объема, соответствующий полному использованию среднегогодового стока со средним распределением его по сезонам.

4.3. Расчет многолетней составляющей

4.3.1. Расчет многолетней составляющей по календарным гидрологическим рядам

При расчете по календарным рядам стока многолетнюю составляющую объема водохранилища определяют таблично-цифровым балансовым, а также графическим способами.

Таблично-цифровой расчет многолетней составляющей объема выполняют аналогично рассмотренному ранее расчету полезного объема при сезонном регулировании стока. Обычно расчет начинают с наиболее многоводного года, когда водохранилище наполнено до НПУ, и идут от года к году по ходу времени. Отдачу принимают постоянной в течение каждого года.

Потери воды из водохранилища вычисляют по среднему за год наполнению.

При расчетах многолетнего регулирования стока на стадии предварительного анализа и приближенных вычислений применяют также и графические способы. Наиболее часто используют сокращенную интегральную кривую. Для построения сокращенной интегральной кривой, так же как и для полной, используют гидрограф стока $Q(t)$ (рис. 4.3.1 а). Вычитая из всех расходов Q_i значение нормы стока Q_0 и суммируя разности $Q - Q_0$, получаем

$$Wc(t) = \sum(Q_i - Q_0)\Delta t, \quad (4.13)$$

где $Wc(t)$ – ордината сокращенной интегральной кривой.

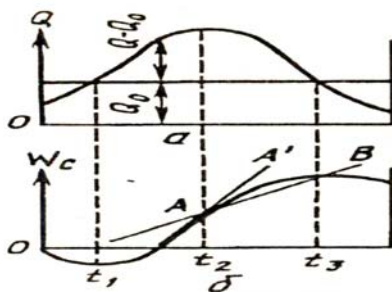


Рис.4.3.1. Гидрограф стока (а) и сокращенная кривая стока (б)

Откладывая величины в координатах объем – время, получаем сокращенную интегральную (суммарную) кривую стока (рис. 4.3.1 б).

Основные свойства сокращенной кривой следующие:

1. Если $Q = \text{const}$, то $Wc(t)$ – прямая линия; для ступенчатого гидрографа $Wc(t)$ будет ломаной линией.

2. Разность двух ординат сокращенной интегральной кривой равна стоку за соответствующий интервал времени, уменьшенному на объем воды за тот же интервал времени при постоянном расходе Q_0 .

3. Тангенс угла наклона к оси абсцисс касательной, проведенной к сокращенной кривой, выражает разность расходов $Q - Q_0$, а тангенс угла наклона, образуемого секущей с осью абсцисс, дает среднее значение разности $Q - Q_0$.

При $dWc/dt = 0$ сокращенная кривая имеет максимум или минимум, при этом $Q = Q_0$. Если $dWc/dt > 0$, тангенс угла наклона касательной положительный (кривая имеет подъем) и $Q > Q_0$. Если же $dWc/dt < 0$, тангенс отрицательный (кривая направлена вниз) и, следовательно, $Q < Q_0$.

4. Если Q_0 принять равным среднему расходу за весь рассматриваемый период, то очевидно, что в конце периода ордината сокращенной кривой $Wc(t) = 0$, т.е. кривая приходит в точку, лежащую на оси абсцисс.

Сокращенная интегральная кривая имеет ряд преимуществ по сравнению с полной. На сокращенной кривой отчетливо выражены характерные фазы стока – половодье и межень, многоводные и маловодные годы и периоды. Это делает сокращенную интегральную кривую наглядной и удобной для выполнения расчетов регулирования стока.

Поскольку при расчетах многолетнего регулирования сток, отдачу и объем водохранилища принято выражать в относительных величинах (в долях среднего годового стока), сокращенную интегральную (суммарную) кривую стока удобнее строить, откладывая по оси ординат сумму $\sum_1^n (K_i - 1)$, где K_i – модульный коэффициент стока ($K_i = W_i/W$), а 1 – его среднее значение. Отдача, выраженная в виде коэффициента зарегулирования стока $\alpha = U_i/W$, представляется через лучевой масштаб, на котором наклон лучей соответствует определенным значениям отдачи водохранилища α (рис. 4.3.2). Задаваясь различными значениями α , находят соответствующие им объемы многолетней составляющей объема (β_{mn}), как наибольшее вертикальное расстояние между верхними и последующими нижними касательными, параллельными соответствующим лучам, характеризующим отдачу α . Касательные проводят таким образом, чтобы линии не пересекали интегральную кривую.

Соответствующие им объемы многолетней составляющей β_{mn} определяют по формуле

$$\beta_{mn} = \Delta \sum (K - 1) - n(1 - \alpha), \quad (4.14)$$

где $\Delta \sum (K - 1)$ – наибольшее вертикальное расстояние между верхними и нижними касательными;

n – период дефицита.

Затем строят график $\beta_{\text{мн}} = f(\alpha)$ (рис. 4.3.3). Суммируя $\beta_{\text{сез}}$ и $\beta_{\text{мн}}$, найденные для различных значений α , получают график зависимости $\beta_{\text{мн}} + \beta_{\text{сез}} = f(\alpha)$. Далее для каждого значения α находят потери из водохранилища, после чего устанавливают полезную отдачу, т.е. отдачу без учета потерь в функции от α .

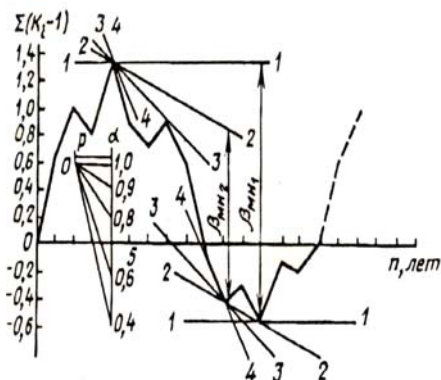


Рис. 4.3.2. Расчет $\beta_{\text{мн}}$ по сокращенной интегральной кривой

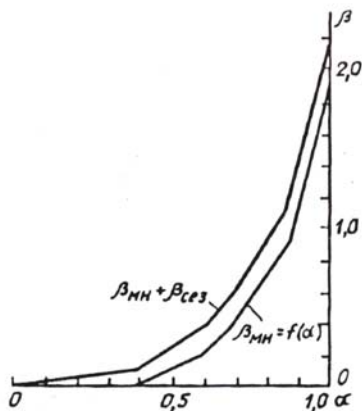


Рис. 4.3.3. График зависимости $\beta_{\text{мн}}$ и $\beta_{\text{мн}} + \beta_{\text{сез}}$ от α

Расчеты по календарным рядам базируются на ограниченной выборке сочетаний различных режимов водотока, не отражающей всех сложных закономерностей изменения стока. Поэтому в современной проектной практике расчеты регулирования стока по календарным рядам обязательно дополняют и уточняют расчетами, основанными на использовании обобщенных статистических характеристик и теории вероятностей.

4.3.2. Расчеты многолетнего регулирования стока по обобщенным параметрам стока

Одним из первых методов многолетнего регулирования, основанным на обобщениях и использовании теории вероятностей и математической статистики, стал метод суммарных дефицитов отдачи, предложенный С.Н. Крицким и М.Ф. Менкелем. Этот метод положил начало применению обобщенных методов в

водохозяйственных расчетах в нашей стране и сыграл положительную роль в дальнейшем развитии и совершенствовании расчетов регулирования стока. Впоследствии метод уточнялся и совершенствовался. Теперь он представляет наиболее строгое теоретическое решение задачи многолетнего регулирования стока. Этот метод (метод отбора характерных групп наполнений водохранилища) основан на сложении кривых обеспеченности стока.

Необходимо определить вероятность (относительное число) таких лет, в течение которых заданная отдача α , несмотря на наличие многолетней емкости, полностью не обеспечивается, т.е. имеются перебои в подаче гарантированного количества воды.

В те годы, когда $K_i \geq \alpha$, т.е. сток превышает отдачу, потребности в воде полностью удовлетворяются, даже если водохранилище не наполнено ($\beta_{mn} = 0$). Это *бесперебойные* годы.

Годы, в которые годовой сток и многолетняя составляющая водохранилища недостаточны для покрытия α , т.е. годы при $K_i + \beta_{mn} < \alpha$ или $K_i < \alpha - \beta_{mn}$, *безусловно перебойные*.

Группу лет, для которых $\alpha > K_i > \alpha - \beta_{mn}$, называют *условно-перебойными*, или сомнительными. В отдельности каждый год этой группы бесперебойный, но в сочетании с предшествующими маловодными годами он может быть перебойным.

Непосредственные расчеты многолетнего регулирования стока данным методом очень трудоемки. Чтобы их облегчить, были разработаны обобщенные графики (номограммы), позволяющие решать задачи многолетнего регулирования стока. На графиках Я.Ф. Плешкова (рис. 4.3.4) представлена зависимость многолетней составляющей β_{mn} от коэффициента регулирования стока α , коэффициента изменчивости годового стока C_v при значениях обеспеченности 75, 80, 86, 90, 95 и 97.

4.3.3. Метод вероятных вариантов

Предложенный А.Д. Саваренским в 1940 г. метод вероятных вариантов (или, как его еще называют, метод кривых обеспеченности наполнений водохранилища) занимает видное место среди современных обобщенных методов расчета регулирования стока. Он позволяет определить не только обеспеченность гарантированной отдачи водохранилища, но и другие результа-

ты регулирования стока: обеспеченности и объемы наполнения водохранилища, сбросов, перебоев и т.д. Этот метод дает возможность также выявить условия работы водохранилища и правильно наметить этапы его строительства и эксплуатации в период первоначального наполнения водохранилища, то есть в первый, второй и дальнейшие годы работы.

Сущность метода заключается в следующем. Учитывая, что объем наполнения водохранилища в конце какого-то интервала времени равен сумме объемов наполнения в его начале и притока за вычетом отдачи за этот интервал, анализируют наполнения водохранилища в конце каждого интервала. При этом если приток задан в виде кривой обеспеченности, то и параметры водохранилища задаются и получаются также в виде соответствующих кривых обеспеченности.

По заданным параметрам C_v и C_s строят кривую обеспеченности годового стока 1 (рис. 4.3.5). Ординаты кривой обеспеченности $K_p = f(C_v, C_s, p)$ находят, пользуясь таблицами С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля [5].

На этом же графике проводят горизонтальные линии, соответствующие ординатам α (линия $a' - a'$) и $\alpha + \beta_{\text{мн}}$ (линия $a - a$). Точка пересечения линии отдачи (линия $a' - a'$) с кривой обеспеченности годового стока $K_p = f(p)$ соответствует обеспеченности плановой отдачи без регулирования стока.

Ординаты безусловной кривой обеспеченности результатов регулирования (кривая 4, рис. 4.3.5) рассчитываются поэтапно по формулам полной вероятности. Эта кривая позволяет определить все основные параметры регулирования стока (фактическую отдачу, наполнение водохранилища, сбросы) в зависимости от обеспеченности.

Если перестроить безусловную кривую обеспеченности результатов регулирования стока, опустив ее верхнюю часть (bc) на величину $\beta_{\text{мн}}$ до линии, соответствующей отдаче α (линия $a' - a'$), то получим *обобщенную кривую обеспеченности зарегулированного стока* (кривая 5, рис. 4.3.5), которая, отражая результаты регулирования, характеризует сток ниже створа плотины водохранилища.

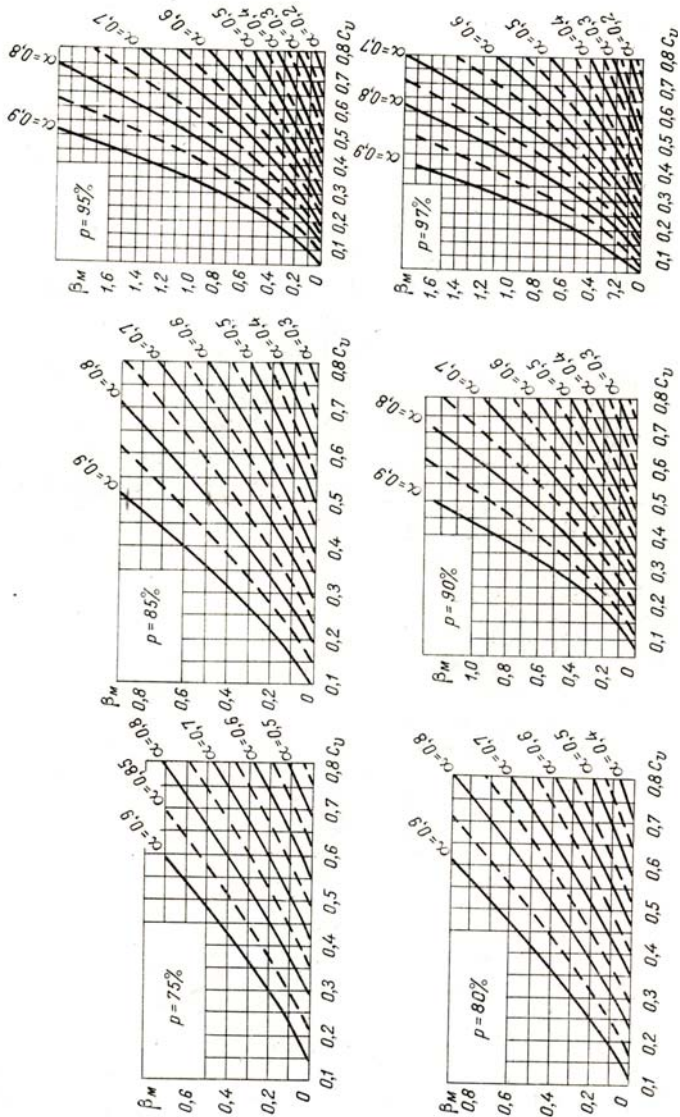


Рис. 4.3.4. Графики Я.Ф. Плешкова для определения
 многолетней составляющей емкости водохранилища при $C_S = 2C_V$, $r = 0$

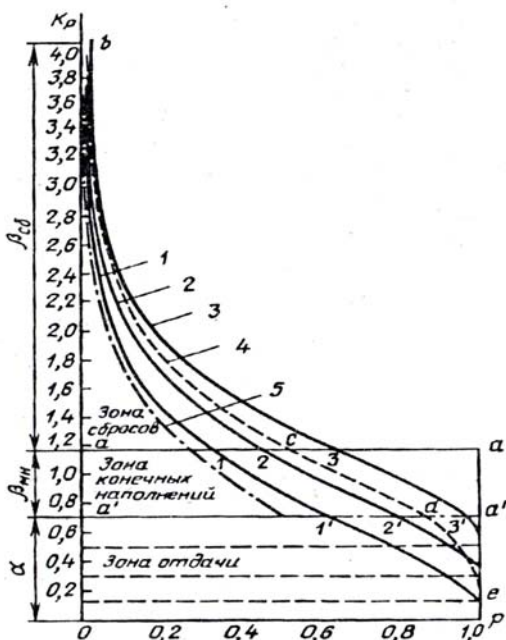


Рис. 4.3.5. Условные (1, 2, 3), безусловная (4) и обобщенная (5) кривые обеспеченности отдачи, конечных наполнений, сбросов и зарегулированного стока

Контрольные вопросы и задания

1. В чем суть многолетнего регулирования стока, когда оно необходимо?
2. Как рассчитать сезонную составляющую объема водохранилища?
3. Как определить многолетнюю составляющую объема водохранилища по календарным рядам?
4. Сущность расчетов многолетней составляющей стока по обобщенным параметрам стока (способ С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля).
5. Раскройте особенности регулирования стока в Западно-Сибирском регионе.

ГЛАВА 5. КОМПЕНСИРУЮЩЕЕ И КАСКАДНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА

5.1. Компенсирующее регулирование стока

Компенсирующее регулирование относится к сложным видам регулирования стока.

Компенсирующее регулирование – это покрытие дефицита в воде путем попусков из водохранилищ, расположенных выше водозабора. К этому виду регулирования стока прибегают, когда по каким-то условиям (топографическим, гидрогеологическим, экономическим и т.д.) нельзя создать водохранилище в месте водозабора, и для того, чтобы достигнуть наибольшего эффекта регулирования стока путем маневрирования объемами водохранилищ, расположенных на одной речной системе.

Компенсирующее регулирование сводится к созданию необходимых добавок из водохранилища на нижерасположенные участки реки.

Простейшая схема компенсирующего регулирования стока представлена на рисунке 5.1.1 а: водохранилище расположено на притоке в створе B , а водозаборное сооружение, через которое обеспечивается подача воды потребителям, – ниже по течению в створе A . Между створами водохранилища и водозабора находится часть площади водосбора, на которой сток не зарегулирован. Требуемую отдачу q_A в месте водозабора (створ A) обеспечивают за счет как незарегулированного стока, так и попусков воды из водохранилища на притоке.

В период повышенного стока, то есть когда $Q_A > q_A$ потребление полностью обеспечивается за счет стока с незарегулированной части водосбора. В это время водохранилище на притоке наполняется; из него делают лишь попуски воды в санитарных целях. В маловодные периоды, когда сток с незарегулированной части водосбора не обеспечивает заданной отдачи в нижнем створе ($Q_A < q_A$), из водохранилища делают попуски для компенсации дефицита.

Таким образом, режим работы компенсирующего водохранилища подчинен условиям водопотребления в нижнем створе. Условия работы водохранилища довольно сложные.

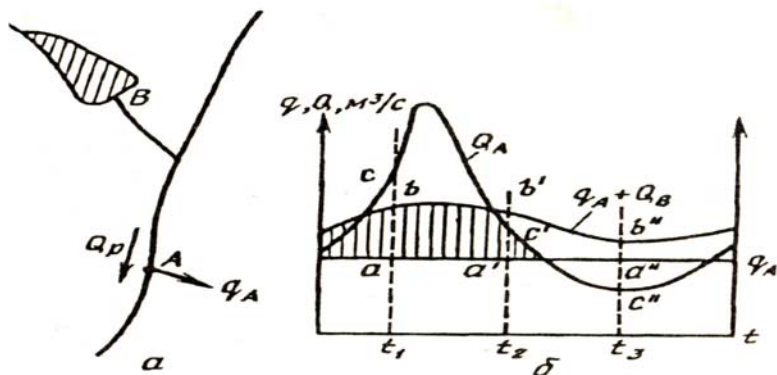


Рис. 5.1.1. Компенсирующее регулирование стока:
 а – схема расположения водохранилища; б – расчетная схема

Компенсирующее регулирование может быть сезонным (годовым) или многолетним. Его расчеты выполняют с использованием календарных рядов стока, а также обобщенными методами. При этом в зависимости от исходных данных и необходимой детальности расчетов применяют различные методы.

Для определения полезного объема компенсирующего водохранилища в створе B на одном чертеже совмещают расчетный гидрограф стока $Q_A(t)$ и требуемой отдачи $q_A(t)$ за год в створе водозабора A (рис. 5.1.1 б). Кроме того, от линии отдачи вверх откладывают ординаты расчетного гидрографа в створе B и строят график $(q_A + Q_B) = f(t)$.

Допускается, что временем добегаания воды от створа B до створа A можно пренебречь. Рассмотрим, какой расход можно забрать для наполнения водохранилища в характерные моменты, времени t_1 , t_2 и t_3 . В момент t_1 расход в створе A значительно превышает требуемую отдачу, то есть $Q_A > q_A$, поэтому весь расход притока можно задержать в водохранилище, и при этом останется еще свободный избыток стока, равный ординате bc , который поступает с незарегулированной части водосбора. В момент t_2 приток B дает расход $a'b'$, но из него можно оставить в водохранилище только ту часть, которая является избытком стока над потреблением у точки A , равную ординате $a'c'$. Нако-

нец, в момент t_3 в нижнем створе имеет место дефицит, и из расхода Q_B задерживать ничего нельзя.

Таким образом, избыточный сток W' в притока B , который может быть использован для компенсирующего регулирования, определяется площадью (на рис. 5.1.1 заштрихована), ограниченной линией отдачи и кривыми $Q_A(t)$ и $(q_A + Q_B) = f(t)$. Сопоставляя найденный избыточный сток с дефицитом, устанавливают тактность работы водохранилища и определяют необходимый полезный объем водохранилища, компенсирующего регулирования стока. Расчет выполняют балансовым таблично-цифровым способом, при этом учитывают потери воды, определяют наполнение водохранилища, сбросы излишков воды, строят график его работы.

Полезный объем компенсирующего водохранилища не может быть меньше полезного объема, необходимого для регулирования стока в створе водозабора на основной реке.

Расчет компенсирующего регулирования стока при наличии календарных гидрометрических наблюдений может быть проведен также и с помощью интегральных кривых стока и отдачи.

5.2. Каскадное регулирование стока

Цепочку водохранилищ, расположенных последовательно на одном водотоке, называют каскадом.

Условия работы водохранилищ, входящих в каскад, отличаются от условий изолированно работающих. Каждое нижнее по течению водохранилище использует сток, прошедший через вышележащие ступени каскада и подвергшийся их воздействию. В результате этого в режим стока по длине реки вносятся изменения: суммарный его объем уменьшается вследствие изъятия воды на нужды водопотребления и потери на испарение с поверхности водохранилищ, кроме того, происходит перераспределение стока во времени.

Если бьефы плотин, создающих водохранилища, примыкают друг к другу, и между ними не остается площадей водосбора с незарегулированным стоком, имеет место *сомкнутый каскад*. В этом случае образующие каскад водохранилища свя-

заны между собой гидравлически, и режим работы нижнего по течению водохранилища отражается на уровнях воды в нижнем бьефе вышележащей ступени. При этом создаются благоприятные условия для более полного перераспределения и использования речного стока в целях гидроэнергетики, судоходства, лесосплава, а также других отраслей народного хозяйства.

Если же подпор от нижерасположенного водохранилища не достигает нижнего бьефа вышерасположенного, и между ступенями каскада имеются незарегулированные участки реки, каскад называют *несомкнутым*. Очевидно, что такой каскад с точки зрения использования стока менее предпочтителен.

Водохранилища каскада могут работать в независимом или компенсирующем режиме. При независимом режиме каждое водохранилище регулирует сток в целях удовлетворения запросов прикрепленных к нему потребителей. Когда же водохранилище подчинено условиям работы других ступеней или каскада в целом, имеет место компенсирующий режим.

Расчеты регулирования стока каскадом водохранилищ выполняют табличным или графическими способами по календарным гидрологическим рядам, а также обобщенными методами.

Для выполнения расчетов по календарным рядам необходимо иметь для каждого створа данные о стоке с внутригодовым распределением по расчетным интервалам времени, объемы отдачи, графики потерь воды, характеристики водохранилищ. Расчеты начинают с самого верхнего по течению реки водохранилища, последовательно переходя к нижерасположенным. Например, при графическом способе расчета строят интегральные кривые стока и отдачи в косоугольных координатах для верхнего створа и определяют полезный объем верхнего водохранилища, его наполнения и сбросы (рис. 5.2.1 а). Далее по данным гидрометрических наблюдений во втором по течению створе каскада строят интегральную кривую стока для следующей ступени. Вычитая из ординат этой кривой наполнения первого водохранилища, получают интегральную кривую стока для второго водохранилища с учетом работы вышерасположенного (рис. 5.2.1 б). По полученной исправленной кривой и заданной отдаче находят полезный объем и наполнение второго водохранилища.

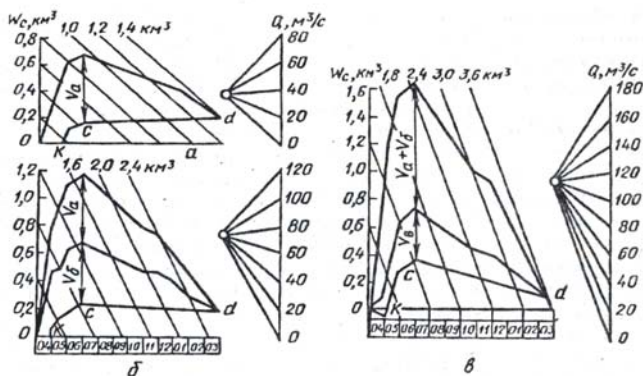


Рис. 5.2.1. Схема каскадного независимого регулирования при трех водохранилищах:

а, б, в – первая, вторая и третья ступени каскада;

V_a , V_b и V_v – полезные объемы водохранилищ каскада

Аналогично рассчитывают и следующие ступени каскада (рис. 5.2.1 в). При больших расстояниях между створами каскада следует учитывать время добегания воды от одного створа к другому.

Такова же последовательность расчетов каскадного независимого регулирования и при табличном способе.

В обобщенных методах расчета каскада водохранилищ применяют метод статистических испытаний, моделируют искусственные гидрологические ряды большой длительности (1000 лет и более), учитывая при этом коррелятивные связи между расходами в различные интервалы времени в одном и том же створе, между створами и расходами основной реки.

Взаимодействие водохранилищ в каскаде – весьма сложный процесс, на который оказывают влияние большое число взаимосвязанных факторов (гидрологических, водохозяйственных, экономических, экологических и др.). В связи с этим при расчетах каскадов широко применяют метод системного подхода и математического моделирования.

Контрольные вопросы и задания

1. На каких объектах применяют компенсирующее регулирование стока?
2. Когда применяют компенсирующее регулирование стока? Как определить полезный объем водохранилища при таком регулировании?
3. Что такое каскадное регулирование стока?
4. Как выполнить расчет каскада водохранилищ?

ГЛАВА 6. РЕГУЛИРОВАНИЕ СТОКА ПЛОВОДИЙ И ПАВОДКОВ

6.1. Общие положения

В период паводья (паводка) в целях предотвращения наводнения в нижнем бьефе часть излишков воды временно задерживается в водохранилище. При этом происходит некоторое повышение уровня воды сверх НПУ, т.е. уровень воды повышается до отметки форсированного подпорного уровня (ФПУ), а между ФПУ и НПУ образуется объем форсировки V_f . Максимальные расходы уменьшаются, паводок трансформируется (распластывается) в гидрограф сбросных расходов (рис. 6.1.1).

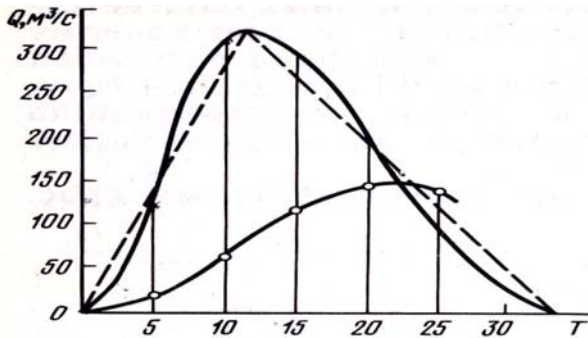


Рис. 6.1.1. Расчетный гидрограф паводка и график сбросных расходов

Создание объема форсировки, аккумулирующего часть стока паводочных вод, позволяет снизить максимальные расходы, поступающие в нижний бьеф водохранилища, и тем самым предотвратить наводнения на нижерасположенных участках реки, а также уменьшить размеры водосбросных гидротехнических сооружений. Вместе с тем повышение уровня воды в водохранилище выше НПУ влечет за собой увеличение высоты плотины и приводит к дополнительному затоплению и подтоплению земель. В связи с этим оптимальный объем, предназначенный для снижения максимальных расходов половодья (паводка) или борьбы с наводнениями в нижнем бьефе водохранилища, устанавливаются на основе технико-экономических расчетов.

Излишки воды из водохранилища сбрасываются через водосбросные сооружения: наиболее распространены водосливы практического профиля без щитов или со щитами на гребне, а также донные водовыпуски с затворами.

В случае свободного (не подтопленного) истечения через водослив расход воды определяется по формуле

$$q = mB\sqrt{2g} h_{\phi}^{3/2}; \quad (6.1)$$

при истечении из-под щита и для донного водовыпуска:

$$q = m_2\omega\sqrt{2g} h_{\phi}^{1/2}, \quad (6.2)$$

где m и μ – коэффициенты расхода соответственно водослива и отверстия;

B – ширина водослива, м; g – ускорение свободного падения, м/с²;

h_{ϕ} – полный напор с учетом скорости подхода, м;

ω – площадь отверстия, м².

В случае каскадного расположения водохранилищ расчет регулирующего влияния системы водохранилищ на максимальные расходы – весьма ответственное дело, поскольку разрушение одного из водохранилищ каскада может привести к разрушениям нижерасположенных.

Регулирующее влияние на максимальные расходы системы водохранилищ определяют специальными расчетами, в которых учитывается целый ряд факторов: расположение водохранилищ по отношению друг к другу, их взаимное влияние и соотношение регулирующих объемов, скорости добегания воды

по гидрографической сети, боковая приточность, регулирующие объемы естественных русел и др.

6.2. Расчетные гидрографы половодья

Для решения многих задач при проектировании, строительстве и эксплуатации водохранилищ кроме расчетных максимальных расходов воды необходимо иметь также расчетные гидрографы половодий и паводков.

Гидрографы максимального стока формируются под влиянием многих природных факторов (климатических, физико-географических и др.) и характеризуются расчетными максимальными расходами воды, продолжительностью половодья, полным объемом максимального стока и асимметрией очертания паводка.

Гидрографы половодья, отвечающие взятым расчетным максимальным расходам, называют расчетными гидрографами. Они рассчитываются по равнообеспеченным максимальным расходам воды.

6.2.1. Построение расчетного гидрографа по формулам Д.Л. Соколовского

Для построения расчетного гидрографа по схеме Д.Л. Соколовского необходимо иметь данные о продолжительности подъема (tn) и спада половодья (tc), а также значение максимального расхода Q_{max} .

Соколовский предложил схематизировать одновершинные гидрографы весеннего половодья по параболическим кривым:

$$\text{для ветви подъема: } Q_i = Q_{max} \left(\frac{t_i}{tn} \right)^m; \quad (6.3)$$

$$\text{для ветви спада: } Q_i = Q_{max} \left(\frac{tc - t_i}{tc} \right)^n, \quad (6.4)$$

где Q_i – расход воды на подъеме через единицу времени (t_i) от начала половодья или после его пика, $м^3/с$;

m и n – показатели степени кривой подъема и спада. Для ветви подъема $m = 2$; для ветви спада $n = 2$ – для равнинных рек, $n = 2,5$ – для рек предгорных районов.

Продолжительность половодья T_0 (в сутки) для рек Алтайского края можно определить по уравнению, предложенному Д.С. Чураковым [16]:

$$T_0 = K_p C F^n, \quad (6.5)$$

где F – площадь водосбора;

K_p – модульный коэффициент обеспеченностью $P\%$ (принимается по таблице 6.2.1)

C и n – зональные коэффициенты, зависящие от физико-географических параметров речного бассейна.

Таблица 6.2.1

Реки, бассейны	C	n	Обеспеченность, %			
			1	3	5	10
Равнинные реки и реки Обь-Чумышской воз- вышенности	17	0,15	1,54	1,42	1,35	1,27
р. Алей и бассейн рек междуречья Катунь- Обь-Алей	25	0,10	1,45	1,36	1,30	1,23
Зарегулированные реки (Барнаулка, Суетка, Кучук, Б.Речка и др.)	3,9	0,21	1,8	1,61	1,54	1,41

Продолжительность подъема и спада имеет тесную корреляционную связь с продолжительностью всего половодья и определяется по формулам:

$$t_n = 0,35T_0; \quad t_c = 0,65T_0. \quad (6.6)$$

6.2.2. Построение расчетного гидрографа половодья по методу Г.А. Алексева

При отсутствии гидрометрических наблюдений рекомендуется схематизацию расчетного гидрографа производить по уравнению Г.А. Алексева:

$$Y = 10^{-a} (1 - x)^2 / x, \quad (6.7)$$

где $Y = Q_i/Q_p$ – относительные ординаты расчетного гидрографа, выраженные в долях среднесуточного максимального расхода;

$X = t_i/t_n$ – относительные абсциссы расчетного гидрографа, выраженные в долях продолжительности подъема половодья;

a – параметр, зависящий от формы гидрографа.

6.3. Приближенный метод расчета трансформации паводий (паводков) по способу Д.И. Кочерина

На предварительных стадиях проектирования при рассмотрении нескольких вариантов размещения гидроузлов и их параметров допускается применять приближенные способы расчета трансформации паводка.

Способ Д.И. Кочерина основывается на некоторых допущениях: расчетный гидрограф половодья (паводка) схематизируется в виде треугольника или трапеции; сбросные расходы (q) через водослив, отметка которого совпадает с НПУ, изменяются по линейной зависимости; полезную отдачу, а также потери воды из водохранилища на испарение и фильтрацию ввиду незначительных их значений по сравнению с объемами половодья (паводка) не учитывают.

Эти допущения существенно упрощают расчеты трансформации паводка, при этом ошибки не превышают 5-10%, т.е. находятся в пределах точности гидрометрических измерений.

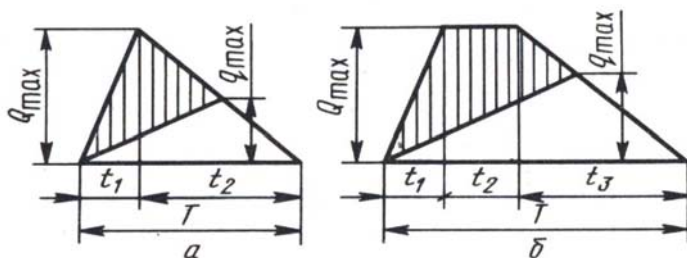


Рис. 6.3.1. Схемы к расчету трансформации паводка при треугольной (а) и трапецидальной (б) формах гидрографа

При треугольной форме гидрографа половодья (рис. 6.3.1 а) расчетные формулы имеют вид:

$$V_{\phi} = W_{\Pi}(1 - q_{\text{сб max}}/Q_{\text{max}}); \quad (6.8)$$

максимальный сбросной расход

$$q_{\text{сб max}} = Q_{\text{max}} (1 - V_{\phi}/W_{\Pi}), \quad (6.9)$$

где $W_{\Pi} = 0,5T Q_{\text{max}}$ – объем половодья;

T – продолжительность паводка, сек;

$$Q_{\text{max}} = Q_{1\%}$$

При схематизации гидрографа половодья (паводка) по форме трапеции (рис. 6.3.1 б):

объем форсировки

$$V_{\phi} = W_{\Pi}(1 - \eta q_{\text{сб max}}/Q_{\text{max}}); \quad (6.10)$$

максимальный сбросной расход

$$q_{\text{сб max}} = Q_{\text{max}}/\eta (1 - V_{\phi}/W_{\Pi}), \quad (6.11)$$

где W_{Π} – объем половодья, который рассчитывается:

$$W_{\Pi} = 0,5 Q_{\text{max}} (T + t_2); \quad \eta = T/(T + t_2). \quad (6.12)$$

Расчет трансформации паводка ведут графоаналитическим способом. Задаваясь различными слоями форсировки h_{ϕ} , находят значения форсированного подпорного уровня:

$$\text{ФПУ} = \text{НПУ} + h_{\phi}. \quad (6.13)$$

Форсированный объем ($V_{\text{фпу}}$) снимают с кривой объемов (батиграфические кривые $V = f(H)$).

Объем форсировки находят как разность $V_{\phi} = V_{\text{фпу}} - V_{\text{нпу}}$.

Задаваясь различными значениями ширины водослива, определяем расходы, пропускаемые водосливом при принятых слоях форсировки:

$$q_{\text{сб max}} = mb\sqrt{2gh^2}, \quad (6.14)$$

где m – коэффициент расхода водослива.

Строим кривые зависимости $q_{\text{сб max}} = f(h_{\phi}, b)$ (рис. 6.3.2).

Пересечение кривой $q_{\text{сб max}} = f(h_{\phi})$ с кривыми $q_{\text{сб max}} = f(h_{\phi}, b)$ дает искомые слои форсировки и $q_{\text{сб max}}$.

Из графиков видно, что чем больше h_{ϕ} , тем меньше сбросные расходы и меньше требуемая ширина водослива.

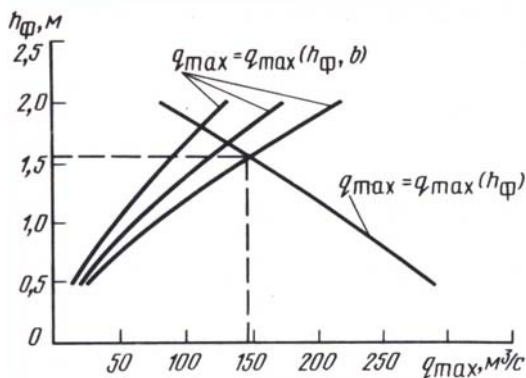


Рис. 6.3.2. Кривые сбросных расходов

Способ Д.И. Кочерина применим и в случаях, когда объем водохранилища к моменту прихода половодья частично сработан ниже НПУ или опустошен до УМО. Тогда появляется дополнительный регулирующий объем V_p , способный вместить часть объема половодья до начала работы водослива и форсировки водохранилища.

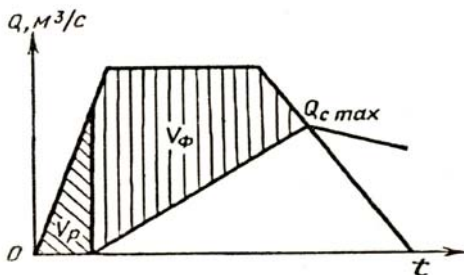


Рис. 6.3.3. Схема к расчету трансформации паводка при частично сработанном водохранилище

В этом случае расчетная схема при схематизации гидрографа по трапеции примет вид, представленный на рисунке 6.3.3, а максимальный сбросной расход определится по формуле, предложенной А. В. Огиевским:

$$q_{сб\ max} = Q_{max}/\eta[1 - (V_{\phi}/W_{п} - V_p)]. \quad (6.15)$$

Все рассмотренные примеры применения метода Д.И. Кочерина относятся к конструкции водосбросного сооружения в виде глухого водослива. Для других типов сооружений допущение о линейном изменении сбросных расходов может привести к большим ошибкам.

6.4. Расчеты регулирования стока половодий (паводков) на основе уравнений баланса

Водохозяйственный расчет водохранилища на пропуск максимальных расходов выполняют на основе уравнения баланса воды в водохранилище. В общем виде баланс воды в водохранилище за время Δt можно выразить следующим дифференциальным уравнением:

$$Q\Delta t - q_{сб}\Delta t = \pm\Delta V, \quad (6.16)$$

где Q – расчетный расход во входном створе водохранилища, $\text{м}^3/\text{с}$;

$q_{сб}$ – расход в створе водосбросного сооружения (сбросной расход), $\text{м}^3/\text{с}$;

ΔV – изменение объема воды в водохранилище, м^3 .

Балансовые методы можно применять при любом гидрографе паводка и любом типе водосбросного сооружения.

6.4.1. Графоаналитический метод М.В. Потанова

Весь период паводка разбивают на равные промежутки времени. Их продолжительность выбирают такой, чтобы в течение этого интервала как приток Q , так и сбросной расход q можно было считать изменяющимся линейно. При этом одну из границ расчетных интервалов совместить с максимальной ординатой расчетного гидрографа половодья (паводка) (рис. 6.4.1). В этом случае уравнение баланса воды в водохранилище можно представить в следующем виде:

$$\frac{Q_n + Q_k}{2} \Delta t = \frac{q_n + q_k}{2} \Delta t + V_k - V_n, \quad (6.17)$$

где Q_n , q_n , V_n – приток, сброс и объем воды в водохранилище в начале интервала времени;

Q_k , q_k , V_k – то же в конце интервала.

Исходными данными для решения этого уравнения служат расчетный гидрограф, уравнение сбросных расходов и батиграфические характеристики водохранилища.

Преобразуем уравнение (6.17)

$$\frac{V_k + q_k}{\Delta t} + \frac{q_k}{2} = \bar{Q} + \left(\frac{V_n - q_n}{\Delta t} - \frac{q_n}{2} \right),$$

где
$$\bar{Q} = \frac{Q_n + Q_k}{2}$$

и обозначим
$$\frac{V_k + q_k}{\Delta t} + \frac{q_k}{2} = Z_1; \quad \frac{V_n - q_n}{\Delta t} - \frac{q_n}{2} = Z_2,$$

таким образом, получим
$$Z_1 = \bar{Q} + Z_2.$$

Задавая слоем форсировки, определяют значения q и z , затем строят график зависимости $Z_1 = f(q)$ и $Z_2 = f(q)$ (рис. 6.4.1).

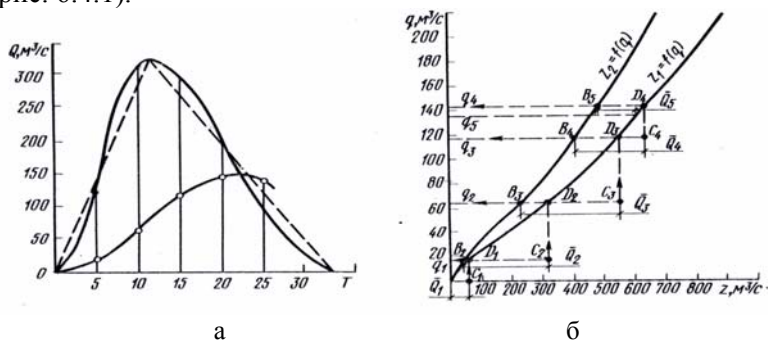


Рис. 6.4.1. Схема графоаналитического расчета трансформации паводка по способу М.В. Потапова

Расчет начинают с первого интервала времени Δt . По исходному гидрографу определяют среднее значение Q и откладывают его величину по оси Z , получают точку C_1 . От нее проводят вертикаль C_1D_1 до пересечения с кривой $Z_1 = f(q)$. Ордината D_1 определит сбросной расход $q_{сб1}$ на конец первого интервала времени. Для того, чтобы найти $q_{сб2}$ на конец второго интервала, на кривой $Z_2 = f(q)$ фиксируют точку B_2 . От точки B_2 откладывают вправо среднее значение Q для второго интервала.

От нее проводят вертикаль до пересечения с кривой $Z_1 = f(q)$ и фиксируют точкой D_2 . Ее ордината определит сбросной расход $q_{сб2}$ на конец второго интервала времени. Аналогично рассчитывают сбросные расходы для остальных интервалов времени. Расчеты продолжают до тех пор, пока среднее значение Q не будет располагаться левее кривой $Z_1 = f(q)$, что свидетельствует о том, что сбросные расходы начинают убывать, т.е. максимум уже пройден.

Полученные значения $q_{сб}$ откладывают на гидрографе пловодья и соединяют точки плавной линией. Точка пересечения кривой сбросных расходов с нисходящей частью гидрографа определит момент сбросного расхода и его величину.

6.4.2. Расчет пропуска паводка через водохранилище методом Я.Д. Гильденבלата

Принцип решения этим методом аналогичен методу Потапова, только уравнение водного баланса для каждого интервала времени имеет вид

$$\frac{q_2 \Delta t}{2} + V_2 = Q_{cp} \cdot \Delta t - q_1 \cdot \Delta t + \frac{q_1 \Delta t}{2} + V_1, \quad (6.18)$$

где значения с индексом 1 соответствуют началу периода, с индексом 2 – концу периода. Следует учесть, что значения окончания рассматриваемого периода соответствуют значениям начала следующего периода.

Все члены правой части можно найти исходя из заданных параметров. Чтобы определить величину q_2 (сбросной расход на конец расчетного периода), необходимо построить вспомогательный график зависимости q и $(q\Delta t/2 + V)$.

Значения Q_1 снимаем с гидрографа пловодья, схематизированного под треугольник (рис. 6.4.2).

В начальный момент времени $q = 0$, $Q = 0$, $V = 0$.

Подставив эти значения в уравнение (10.18), найдем значение $\frac{q_2 \Delta t}{2} + V_2$ на конец первого интервала времени.

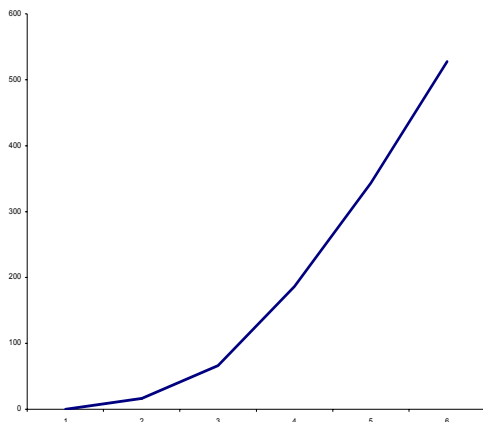


Рис. 6.4.2. Вспомогательный график $q = f(q\Delta t/2 + V)$

Зная величину $\frac{q_2 \Delta t}{2} + V_2$, по вспомогательному графику определяем значение $q_{сб}$ и находим $q\Delta t$. Значения $q\Delta t$ являются конечными для первого интервала и в то же время начальными для второго интервала.

Таким образом, получаем, что все члены правой части для расчета параметров на конец второго интервала известны. Значит, можно вычислить параметр $\frac{q \Delta t}{2} + V$ на конец второго интервала. Расчет выполняется последовательно для каждого интервала времени.

Полученные сбросные расходы откладывают в конце соответствующих интервалов времени на графике расчетного гидрографа (рис. 6.4.2) и строят кривую сбросных расходов, соединяя нанесенные точки. Точка пересечения этой кривой с нисходящей частью гидрографа определяет момент максимального сбросного расхода и его величину.

Величину слоя форсировки определяем по формуле

$$h_{\phi} = \left(\frac{q_{\max}}{Bm \sqrt{2g}} \right)^{2/3}. \quad (6.19)$$

6.5. Защита территории от наводнений

Особое положение занимает задача регулирования высокого стока для уменьшения наводнений в нижнем бьефе. При этом величина максимального сбросного расхода q является основным критерием для выбора решения.

Задача может рассматриваться в двух вариантах:

1) известна емкость водохранилища; требуется определить максимальный сбросной расход воды в половодье или в паводок заданной обеспеченности;

2) задан допустимый для нижнего бьефа сбросной расход, который не должен превышать; требуется найти емкость водохранилища для обеспечения этого условия.

Водохранилища, специально предназначенные для борьбы с наводнениями, строятся сравнительно редко; это назначение водохранилищ обычно стараются совместить с другими водохозяйственными целями. При этом полезная емкость водохранилища, регулирующая сток для повышения малых расходов и форсированный объем, временно заполняемая при пропуске паводка, эксплуатируется с соблюдением специфических требований к размерам упомянутых емкостей, режиму работы водохранилища и конструкциям водосброса.

Наименьший форсированный объем водохранилища при заданном сбросном максимуме и, наоборот, наименьший сбросной максимум при заданной емкости достигаются при условиях, если водосброс обеспечивает пропуск в нижний бьеф заданной величины сбросного расхода в течение всего периода времени.

Этому условию в наилучшей степени удовлетворяют не водосливы с затворами, а донные отверстия (водоспуски), работающие под более значительными напорами и потому имеющие большую пропускную способность при одной и той же площади отверстий. Указанное свойство донных отверстий заставляет обращаться к ним не только в случае борьбы с наводнениями в нижнем бьефе, но и для уменьшения затоплений в пределах водохранилища независимо от условий разлива реки ниже плотины.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается регулирующее влияние водохранилища при пропуске половодий и паводков?
2. Как выполняют расчет максимального сбросного расхода и объема форсировки способом Д.И. Кочерина?
3. Что лежит в основе расчета регулирования стока половодий и паводков по методу М.В. Потапова и Я.Д. Гильденבלата?
4. Роль водохранилищ в защите территории от наводнения.

ГЛАВА 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

7.1. Подготовка водохранилищ к эксплуатации

Перед заполнением водохранилища выполняется комплекс мероприятий по подготовке его к эксплуатации. В его состав входят лесосводка и лесоочистка, санитарная подготовка территории водохранилища и зон водозаборов, инженерная защита и др.

Сооружение многих водохранилищ сопряжено с затоплением значительных лесных площадей. Зона сработки водохранилища от НПУ до уровня на 2 м ниже максимальной сработки должна быть очищена от леса, мелколесья и кустарника, оставлять можно пни высотой не более 50 см.

Проводят санитарную очистку территории населенных пунктов, животноводческих ферм, промышленных предприятий и мест массового загрязнения (свалки, скопления навоза, бытовых отходов и т.п.), попадающих в зоны воздействия водохранилищ; перенос кладбищ и скотомогильников.

На территории населенных пунктов, попадающих в зону затопления, удаляют все сооружения и объекты, возвышающиеся над землей более чем на 50 см. Строительный мусор и другие остатки сжигают, металлический лом вывозят за пределы водохранилища.

Кроме указанных мероприятий при санитарной подготовке водохранилища для охраны грунтовых вод от загрязнения закрывают (тампонируют) все артезианские, геолого-разведочные и другие скважины. Строят очистные сооружения коммунальных и промышленных предприятий. Запрещают сброс в водохранилище неочищенных сточных вод и твердых отходов.

Чтобы поддерживать качество воды в водохранилище в соответствии с санитарными нормами, в районе водохранилища предусматриваются водоохранная и санитарная зоны, прибрежная полоса.

Водоохранная зона водохранилища – это прибрежная территория (полоса) шириной 500-2000 м и более от уреза воды при НПУ, на которой запрещается строить предприятия, загрязняющие водоемы, использовать пестициды и другие ядохимикаты, размещать склады с минеральными удобрениями, химикатами, нефтепродуктами, вырубать лес, если это не предусмотрено водоохранными мероприятиями, пасти скот, устраивать кладбища, скотомогильники и т.д.

Санитарная зона создается на водохранилищах, имеющих питьевое назначение. Ее ширина от 100 до 1000 м. К этой территории предъявляются еще более повышенные требования, чем к водоохранной зоне.

Прибрежная зона – это территория, на которой запрещается распахивать земли, размещать садовые участки, пионерские лагеря, лодочные станции, автостоянки. Она располагается на расстоянии 35-100 м от уреза воды в зависимости от уклона поверхности: чем больше уклон, тем шире зона. Предусматривается также расширение прибрежной зоны с учетом переформирования берега в течение 5-10 лет. В прибрежной зоне создают лесозащитные полосы.

Большое внимание при создании водохранилищ уделяется инженерной защите, к которой относятся: обвалование территории, укрепление берегов и откосов земляных сооружений, устройство волноломных и волноотбойных сооружений, подсыпка (намыв) берегов и защитных пляжей.

7.2. Задачи службы эксплуатации водохранилищ

Техническая эксплуатация водохранилища осуществляется специальной эксплуатационной службой. В ее задачи входят:

- оперативное управление водными ресурсами водохранилища для обеспечения плановой водоподачи и поддержания нормативных уровней верхнего и нижнего бьефов;

- систематический контроль за состоянием водохранилища и сооружений, проведение необходимых ремонтных работ;

- безаварийный пропуск половодий, паводков, льда, шуги и плавающих предметов через водосбросные сооружения;

- проведение мероприятий по уменьшению потерь воды из водохранилища, по борьбе с переформированием берегов, заилением и зарастанием водохранилища;

- регулярное измерение уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, а также расходов воды потребителям, попусков и сбросов в нижний бьеф;

- охрана водных ресурсов водохранилища от загрязнения и истощения.

Руководящим документом, на основе которого осуществляется эксплуатация водохранилища, является «Основные правила использования водных ресурсов водохранилища», которые разрабатываются проектной организацией и согласовываются с заинтересованными организациями. Этот документ разрабатывают и утверждают к моменту наполнения водохранилища до отметки НПУ и ввода гидроузла в постоянную эксплуатацию.

В Основных правилах использования водных ресурсов водохранилища приводятся следующие материалы:

- назначение водохранилища, основные гидрологические характеристики реки (площадь водосбора, норма стока и его статистические параметры, максимальный и минимальный расчетные расходы, внутригодовое распределение стока и др.);

- нормативные уровни и объемы водохранилища, батиметрические и объемные характеристики;

- конструктивные и гидравлические характеристики сооружений гидроузла;

- состав водопотребителей и водопользователей, плановая отдача;

- порядок использования водных ресурсов водохранилища в маловодные периоды, пропуск высоких вод, сброс льда;
- борьба с наносами, водной растительностью и др.

Основными правилами предусматривается составление месячных, квартальных и годовых оперативных планов эксплуатации водохранилища, при подготовке которых используют гидрологические прогнозы и с учетом их устанавливают вероятные сроки и объемы притока воды в водохранилище.

Управление водными ресурсами водохранилища осуществляет дежурный диспетчер, который строго руководствуется правилами диспетчерского регулирования стока.

Диспетчерские правила определяют: режим и порядок расходования водных ресурсов; допустимые амплитуды колебания уровней воды и расходов в зависимости от времени года, запаса воды, размеров притока; размеры санитарных, рыбохозяйственных, судоходных и других обязательных попусков в нижний бьеф; ограничения, обеспечивающие безаварийную работу гидротехнических сооружений при пропуске высоких вод, льда, шуги и т.д.

Основными правилами предусматривается также охрана водохранилища от загрязнения. Сброс в него неочищенных производственных и бытовых сточных вод и других отходов и сбросов запрещается.

Контроль за соблюдением санитарных правил, выполнением охранных мероприятий и требований рыбохозяйственных организаций осуществляется территориальными органами по охране природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

7.3. Наблюдения за состоянием водохранилища

Эксплуатационный персонал гидроузла ведет постоянный учет притока и расходования воды из водохранилища, наблюдения за состоянием водохранилища и гидротехнических сооружений, руководствуясь при этом соответствующими инструкциями и постановлениями.

Для гидрометрического и гидрометеорологического обслуживания на водохранилище оборудуют гидрологические по-

сты и станции. Их число и размещение зависят от размеров и очертания водохранилища и назначаются при разработке проекта. К основным гидрологическим сооружениям относятся гидрологические посты во входном створе водохранилища и у плотины, посты на боковых притоках. На водохранилищах большой протяженности устанавливают несколько постов. Сведения о наличном объеме за каждый период определяют по среднему уровню воды в водохранилище.

Расходы воды из водохранилища учитывают при помощи про-градуированных сооружений или установленных на них водоизмерительных устройств.

Органы эксплуатации проводят водобалансовые наблюдения, измеряя осадки, поверхностный и подземный приток воды в водохранилище, расходы воды на производственные нужды, испарение, фильтрацию, сбросные расходы.

В состав наблюдений включают также измерения пьезометрических уровней в различных частях сооружений, фильтрационных расходов через плотину и в обход ее, объема заиливания водохранилища. Ежегодно после прохождения половодья или в установленные сроки уточняют кривые площадей и объемов, которые изменяются из-за переформирования берегов, оползней, заиливания и отмирания водной растительности. Обычно со временем площадь водной поверхности увеличивается, а средняя глубина уменьшается.

Зимой служба эксплуатации принимает меры по предохранению сооружений от воздействия льда при его вертикальном и горизонтальном смещениях, по борьбе с обмерзанием решеток и затворов гидросооружений.

7.4. Регулирование стока на переменную отдачу (диспетчерские графики)

В процессе эксплуатации водохранилища всегда приходится иметь дело с режимами, более или менее отличающимися от расчетных.

В этих условиях для управления работой водохранилища разрабатывают специальные правила, на основе которых эксплуатационная служба обеспечивает в любое время года гаран-

тированную водоотдачу, выявляет избытки воды для возможного использования их на повышение отдачи, уменьшает перебои отдачи за пределами расчетной обеспеченности, снижает (или исключает) холостые сбросы, не допускает переполнения водохранилища выше НПУ и ФПУ. Основным документ этих правил – *диспетчерский график* водохранилища.

Диспетчерский график строят на основе анализа возможных режимов работы водохранилища в различных гидрологических условиях. По оси ординат откладывают объемы воды в водохранилище (V , млн м^3) или уровни воды (H , м), а по оси абсцисс – месяцы (декады) года. Серией кривых поле графика разделено на несколько зон, каждая из которых соответствует режиму работы водохранилища с определенной отдачей (рис. 7.4.1): 1 – гарантированной $q = q_p$; 2 – повышенной $q_e > q > q_p$, 3 – полной повышенной $q_e = q$, 4 – ограниченной $q < q_p$.

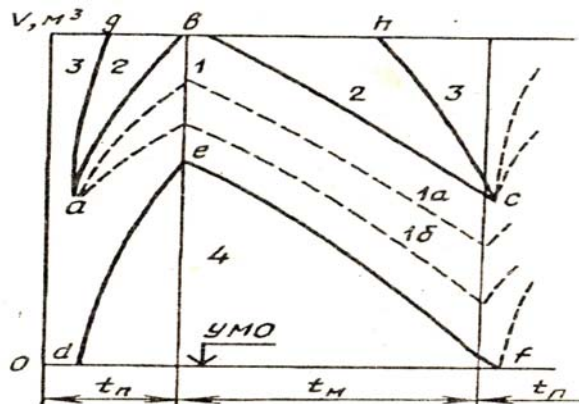


Рис. 7.4.1. Диспетчерский график работы водохранилища

Зоны ограничены соответствующими линиями:

Противоперебойная линия, представляющая собой верхнюю границу зоны гарантированной отдачи, состоит из двух ветвей:

а) ветвь опорожнения, ограничивающая зону гарантированной отдачи в период межени и не допускающая чрезмерной сработки водохранилища (линия bc);

б) ветвь весеннего наполнения, обеспечивающая создание к концу половодья необходимого запаса воды для поддержания отдачи в межень (линия *ab*).

Противосбросовая линия, представляющая собой нижнюю границу зоны с отдачей, повышенной в пределах до максимального водопотребления установки (во избежание сбросов) состоит из двух ветвей:

а) ветвь предполоводного опорожнения, обеспечивающая освобождение к началу половодья некоторой части емкости для аккумуляции высоких вод (линия *hc*);

б) ветвь наполнения, предотвращающая чрезмерно быстрое заполнение водохранилища, т.е. сводит к минимуму холостые сбросы (линия *ag*).

Линия пониженной отдачи также имеет две ветви.

а) ветвь наполнения (линия *de*) строится для обеспечения заполнения водохранилища и поддержания гарантированной отдачи в период, следующий за окончанием критического маловодья;

б) ветвь опорожнения (линия *ef*) ограничивает допустимую сработку водохранилища в маловодный период и предотвращает необоснованный переход в зону ограниченной отдачи.

Кроме того, на диспетчерский график нередко наносят противоаварийную линию, назначение которой – не допустить превышение ФПУ.

Формы диспетчерских графиков зависят от вида регулирования стока, характера внутригодового распределения стока, соотношения между гарантированной и избыточной отдачами. При построении графиков учитывают сроки наступления раннего и позднего половодья, его дружность или растянутость.

В практике управления водохранилищами диспетчерские графики применяют совместно с батиграфическими характеристиками. Установив по уровню воды с помощью кривой $V(H)$ запас воды в водохранилище, диспетчер наносит точку, соответствующую моменту наблюдения, на диспетчерский график и в зависимости от того, в какую зону графика попала точка, принимает решение о расходах подачи воды потребителям.

Расчет и построение диспетчерских графиков – весьма трудоемкое дело, требующее, кроме того, большого опыта и на-

выков. В настоящее время используют математические модели и комплекс стандартных программ, которые в совокупности с ЭВМ образуют автоматизированную систему управления (АСУ) водными ресурсами водохранилища или сложной водохозяйственной системы (ВХС).

7.5. Водохранилища и окружающая природная среда

Народно-хозяйственное значение водохранилищ велико, и оно, безусловно, будет возрастать. Вместе с тем их создание – это пример глубокого вмешательства человека в природные процессы на обширных территориях. Последствия, вызванные созданием водохранилищ, сказываются на природе и хозяйстве прилегающих и отдаленных территорий.

Затопление и подтопление земель. При заполнении водохранилищ происходит затопление значительных площадей. В среднем 85-95% водной поверхности водохранилищ приходится на затопленные земли.

В связи с подъемом грунтовых вод после заполнения водохранилища образуется зона подтопления. Ширина зоны подтопления может быть весьма значительной и измеряться многими километрами. К отрицательным последствиям подтопления относятся: заболачивание земель в зоне избыточного увлажнения и засоление почвы в лесостепной и степной зонах, подтопление домов и сооружений, ухудшение санитарного состояния местности и т.д.

Переформирование берегов и дна. Частые колебания уровня воды в период эксплуатации водохранилищ, ветровое волнение, которое на них значительно больше, чем на незарегулированных реках, и береговые течения вызывают размывы и обрушение берегов. Процессы абразии необычно активны и протекают длительное время, исчисляемое десятилетиями. Они приводят к отступлению берегов на десятки и сотни метров, изменению глубин, образованию подводных отмелей, заилению и изменению объема и площади водохранилища.

Переселение населения и перенос объектов народного хозяйства из зон воздействия водохранилища. Создание водохранилищ, особенно крупных, приводит к необходимости пере-

селения большого числа людей и переносу объектов народного хозяйства.

Переселение населения, перенос и строительство населенных пунктов и хозяйственных объектов на новом месте сопряжено с большими затратами. Эти затраты обычно определяются по принципу восстановления прежнего состояния. Для построенных в нашей стране водохранилищ они составили около 2 млрд руб., т.е. более 18% общей стоимости гидроузлов.

Дополнительные потери воды. За счет разности между испарением с водной поверхности водохранилища и с той же территории до затопления, включающей поверхность суши и реки в естественных условиях, появляются дополнительные потери воды, которые в отдельных районах играют немалую роль в общем объеме безвозвратного водопотребления.

Наряду с потерями на испарение вода из водохранилищ теряется на фильтрацию через дно и берега. Эти потери также значительны и в зависимости от гидрогеологических условий колеблются от 12 до 36% среднего объема воды в водохранилище за год.

Влияние водохранилищ на рыбное хозяйство. Перераспределение водохранилищами речного стока во времени и по территории нарушает сложившиеся условия существования и размножения рыб. Изменяются гидрологический, термический, гидрохимический и гидробиологический режимы, а следовательно, условия передвижения, размножения и питания рыб.

Плотины гидроузлов преграждают путь рыбе к местам нереста. Вследствие уменьшения длительности и высоты половодья происходит сокращение нерестовых площадей, что неблагоприятно сказывается на условиях нереста и откорма молоди, ее роста.

Особенно неприятны для рыбы суточные и недельные колебания уровней воды в верхнем и нижнем бьефах водохранилищ. В период нереста резкие колебания уровня приводят к смыву или пересыханию икры соответственно при подъеме или спаде воды. Зимой резкое понижение уровня воды может вызвать преждевременный уход рыбы из зимовальных ям или, наоборот, ее закупорку в зимовальных ямах ледяными глыбами,

что приводит к снижению воспроизводства, а нередко и к массовой гибели рыбы.

Влияние на климат. Водохранилища вносят заметные изменения в местный метеорологический режим.

Под влиянием водохранилищ в прибрежной полосе, как правило, уменьшается континентальность климата: ход температур становится более плавным, суточная амплитуда температур воздуха увеличивается, весенние заморозки прекращаются в более ранние сроки, а осенние наступают позже и т.д. В районе крупных водохранилищ несколько увеличиваются количество осадков, скорость и повторяемость ветров.

В нижних бьефах глубоководных водохранилищ значительно изменяется термический режим. Особенно сильно это проявляется в районах с холодным климатом. В нижних бьефах повышается влажность, наблюдаются туманы, образуются полыньи.

Влияние водохранилищ на растительность и животный мир. Создание водохранилищ вызывает существенные изменения почв, растительности и животного мира. Затопление территории приводит к полной гибели наземной растительности. В зоне мелководного постоянного затопления также почти полностью отмирает древесно-кустарниковая и изменяется травянистая растительность. Вдоль берегов водохранилищ в зоне умеренного климата при глубинах 2,0-2,5 м формируется пояс из тростника и камыша.

В зоне сильного подтопления (глубина залегания грунтовых вод менее 1 м) большинство деревьев либо гибнет, либо сильно угнетается. В зонах умеренного и слабого подтопления ($h_{г.в} > 1$ м) водное и минеральное питание растений, как правило, улучшается, и прирост древесины увеличивается иногда на 50-70%.

В нижнем бьефе водохранилищ вследствие изменения гидрологического режима реки, сокращения продолжительности и частоты весенних разливов происходит ухудшение свойств пойменных почв, снижение в 1,5-2,0 раза урожайности лугов и значительное сокращение прироста древостоев.

Во время заполнения водохранилищ, продолжающегося иногда в течение нескольких лет, весьма заметно падает чис-

ленность многих видов животных из-за гибели молодняка в результате непрерывно меняющихся условий увлажнения. При лесочистке ложа водохранилища уничтожаются места обитания животных. Переформирование берегов, а также колебания уровня воды в процессе эксплуатации водохранилищ отрицательно влияют на животных и вызывают их массовую миграцию.

Качество воды в водохранилищах. Обеспечение чистоты воды в водохранилищах – одна из главных проблем их создания и эксплуатации. При разработке проектов создания водохранилищ и правил их эксплуатации необходимо учитывать интересы потребителей в отношении обеспечения необходимого качества воды.

Наиболее строгие требования к качеству воды предъявляют коммунальное водоснабжение, а также рыбное хозяйство. Для ирригационных водохранилищ важна степень минерализации воды.

Водохранилища – гигантские отстойники. Вследствие значительного уменьшения скорости течения воды в них происходит выпадение взвешенных наносов, в десятки раз уменьшается мутность воды, повышается прозрачность, снижается ее бактериальное загрязнение.

Однако необходимо учитывать и целый ряд отрицательных последствий влияния водохранилищ на качество воды.

В начальный период, особенно в первые 2-3 года, на качестве воды отрицательно сказываются последствия затопления почвенного покрова, кустарника, леса, населенных пунктов. В этот период в водохранилище интенсивно развиваются биогенные процессы (гниение и т.д.), которые сопровождаются выделением сероводорода и метана, увеличивается количество бактерий, изменяются вкус и цвет воды.

В последующем на качество воды в водохранилище основное влияние оказывают гидробиологические процессы, а также антропогенные факторы.

Замедление скорости течения воды, снижение ее турбулентного перемешивания, изменение термического режима приводят к образованию застойных зон, дефициту кислорода, ослаблению самоочищающейся способности водохранилища, на-

коплению биогенных элементов (сероводорода, метана, аммиака и т.д.). Избыток биогенных элементов (в первую очередь азота и фосфора, поступающих со сточными водами с промышленных предприятий и с полей) в условиях повышенных температур и при значительном дефиците кислорода создает благоприятные условия для чрезмерного развития отдельных представителей фитопланктона, что приводит к «цветению» воды. При цветении уменьшается количество кислорода, ухудшается химико-биологический режим воды, выделяются токсические элементы, что не позволяет использовать водную растительность для сельскохозяйственного производства. Для борьбы с цветением применяют различные средства: повышенный водообмен, уменьшение мелководий, разведение растительных рыб, выращивание тростника на мелководьях, применение химических препаратов (например, медного купороса). Однако эффективность этих средств пока невысока.

Из всего вышесказанного следует, что при проектировании, строительстве и эксплуатации водохранилищ должны быть проанализированы все возможные последствия их влияния на окружающую природную среду и найдены решения, обеспечивающие экономический эффект при минимуме нарушений в природе и восполнение причиняемого ущерба.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое водоохранная, санитарная и прибрежная зоны водохранилища. Для чего они нужны?
2. В чем состоят основные задачи службы эксплуатации водохранилищ?
3. Что из себя представляет и как используется при эксплуатации водохранилищ диспетчерский график?
4. Каковы основные отрицательные последствия влияния водохранилищ на природную среду и возможные пути их снижения и предотвращения?

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

Аналитическая кривая – график функции распределения ежегодных вероятностей превышения.

Батиграфические кривые – зависимость площади водной поверхности (Ω) и объема воды (V) в водохранилище от уровня (H) воды в водохранилище.

Биогеоценоз – природный комплекс функционального единства живого и неживого; элементарная структурная единица биосферы.

Вертикальное озеленение – это вьющиеся растения, которые размещаются на специальных опорах, стенах, ограждениях, решетках и других приспособлениях для украшения различных архитектурных объектах.

Бордюры – это узкие полосы низкорослых растений. Их ширина обычно 30-50 см. Бордюры предназначены для обрамления или разделения зеленых участков, дорожек, газонов или цветников.

Водный баланс – соотношение прихода и расхода воды с учетом изменения ее запасов за выбранное время для рассматриваемого объекта.

Водный кадастр – систематизированный свод сведений о водных ресурсах страны. **В.к.** содержит данные учета вод по количественным и качественным показателям, их потреблению и использованию. **В.к.** составляют по регионам или бассейнам (Государственный водный кадастр).

Водозабор – 1. Изъятие воды из водоема или водотока. 2. Комплекс гидротехнических сооружений для изъятия, подачи и приема воды в отводящие устройства с целью дальнейшей транспортировки и использования.

Водопользование – эксплуатация водных ресурсов без изъятия воды из водных объектов.

Водораздел – линия, разделяющая водные бассейны (водосборы) смежных рек, водоемов или скоплений *подземных вод* (подземный **В.**). Различают: главный **В.** – между соседними речными системами; боковой **В.** – между смежными притоками основной реки.

Водохранилище – всякий достаточно крупный водоем, в котором временно накапливается вода для последующего ее использования.

Воды сточные – воды, использованные на бытовые, промышленные и сельскохозяйственные нужды или прошедшие через какую-то загрязненную территорию.

Воды ювенильные – подземные воды, поступающие в подземную *гидросферу* из глубин Земли, где они образуются в результате дегазации вещества мантии Земли.

Гидрограф – хронологический график расходов воды в данном сечении водотока.

Заиление водохранилищ – процесс заполнения водохранилища наносами.

Коэффициент асимметрии (Cs) – мера асимметричности статистического ряда, характеризует «форму» распределения случайных значений ряда относительно среднеарифметического значения.

Коэффициент вариации (Cv) – характеризует относительную меру изменчивости ряда (т.е. отклонение от среднеарифметического значения).

Коэффициент емкости водохранилища (β) – емкость водохранилища в долях среднемноголетнего объема стока.

Коэффициент регулирования стока (α) – отдача водохранилища в долях среднемноголетнего объема стока.

Кривая обеспеченности – графическое выражение связи между стоком воды и их ежегодными вероятностными превышениями.

Критерий литорали (L ω) – отношение площади мелководий к площади зеркала водохранилища.

Лес полезащитный – древесно-кустарниковая растительность, способствующая регулированию водного режима, предупреждению эрозии почв.

Лесомелиорация – улучшение природной среды при помощи проведения лесоводческих мероприятий.

Литораль – мелководье.

ЛСП – лесосеменная плантация.

Лучевой масштаб – это вспомогательный график, на котором наклон лучей соответствует определенным гидрологическим характеристикам.

Межень – фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью.

Мелиорация – система мероприятий по улучшению земель.

Мертвый объем ($V_{мо}$) – это постоянная часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не сбрасывается и в регулировании стока не участвует.

Модульный коэффициент (K) – отношение одной из величин, характеризующих сток (Q , W , h , M), за определенный промежуток времени (месяц, год и т.д.) к среднему значению соответствующих величин за весь рассматриваемый период.

Модуль стока (M) – объемное количество воды, проходящее через поперечное сечение реки за 1 с, отнесенное к единице площади водосбора, л/км².

Нормальный подпорный уровень (НПУ) – проектный уровень наполнения водохранилища, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

Обеспеченность гидрологической величины – ежегодная вероятность ее превышения.

Объем стока (W) – объемное количество воды, проходящее через поперечное сечение реки в данном створе за определенный промежуток времени (год, месяц, сутки и т.д.), м³, млн м³, км³.

Очистка воды – устранение посторонних примесей из вод (включая живые организмы) с помощью механических, физико-химических (хлорирование, озонирование и т.п.) и биологических методов.

ПЛСУ – постоянный лесной семенной участок.

Полная интегральная кривая – кривая, характеризующая изменение суммарного стока за рассматриваемый период.

Полезная (плановая) отдача – из водохранилищ объемы и расходы водопользования и водопотребления, отнесенные к створу водохранилища.

Полезный объем водохранилища ($V_{плз}$) – основной объем водохранилища, предназначенный и используемый для регулирования стока, соответствует отметке НПУ и равен сумме полезного и мертвого объемов.

Полная отдача из водохранилищ – полезная отдача с учетом потерь.

Паводок – фаза водного режима, которая может многократно повторяться в различные сезоны года, характеризующаяся интенсивным, обычно краткосрочным увеличением расходов и уровней воды

Половодье – фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким длительным подъемом уровней.

Пруд – искусственные водоемы небольших размеров (не более 1 млн м³) и площадью водной поверхности менее 1 км².

Регулирование речного стока – искусственное перераспределение естественного, как правило, неравномерного стока во времени в соответствии с требованиями водопользования.

Разностная интегральная кривая – кривая, характеризующая изменение разности суммарных объемов стока и отдачи во времени.

Сокращенная интегральная кривая – кривая, характеризующая изменение разности суммарного стока и нормы стока во времени.

Смыкание молодняков – возраст, в котором происходит **С.м.**, зависит от происхождения (семенное или порослевое), свойств породы (быстрорастущие или медленно растущие), почвенных условий (типов леса) и физико-географических условий.

Ствол – наиболее мощно развитый (по сравнению с ветвями) многолетний стебель дерева.

Стебель – вегетативный орган высших растений, служащий механической осью более или менее удлиненного побега и несущий на себе листья, почки и цветки. Различают надземные и подземные, травянистые и деревянистые, прямостоячие и лежащие **С.**

Удобрения в лесных питомниках – внесение удобрений в лесных питомниках, которое осуществляется в виде основной заправки почвы на паровых полях, а также подкормки растений при их выращивании.

Уровень мертвого объема (УМО) – уровень поверхности воды, ограничивающий постоянную часть полного объема водохранилища, которая в нормальных условиях эксплуатации не сбрасывается и в регулировании стока не участвует.

Урочище – одна из низших таксономических географических единиц, составная часть географического ландшафта, состоящая из закономерного пространственного сочетания фаций.

Фактор в природопользовании – любое (абиотическое, биотическое и антропогенное) воздействие, оказывающее влияние на процессы пользования природными ресурсами.

Фитосфера – поверхностный слой над сушей Земли (до 150 м), почва и подпочва, где условия среды в значительной мере определяются зеленой растительностью.

Флора – эволюционно-исторически сложившаяся совокупность всех видов растений, обитающих или обитавших в геологическом прошлом на данной территории (акватории) или в составе отдельного растительного сообщества.

Форсированный объем (Vф) – размещается между ФПУ и НПУ используется для срезки максимальных расходов в период высоких паводков или половодья, чтобы предотвратить наводнения в нижнем бьефе.

Форсированный подпорный уровень (ФПУ) – подпорный уровень выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений.

Фузариоз – болезнь растений, вызываемая грибами из рода *Фузариум*.

Хлыст(ы) – лесопромышленный термин, обозначающий весь ствол поваленного дерева – от комля до вершины, очищенный от сучьев и ветвей.

Ценность семян лесоводственная – определяется местом их происхождения, наследственными свойствами и посевными качествами.

Чага – шероховатые неправильные выросты (наплывы) на стволах живых деревьев березы. Верхняя поверхность черная, иногда слегка лакированная, внутренняя ткань твердая, темно-коричневая. Представляет собой бесплодную форму гриба *Fomes igniarius* L.

Шишка – совокупность семенных чешуй с семенозачатками, сидящих на центральной оси в пазухах кроющих чешуй (иногда срастающихся с семенными), при созревании **Ш.** одревесневает (сосна, ель и др.) или становится мясистой, ягодообразной (можжевельник, тисс).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брауде И.Д. Эрозия почв, засуха и борьба с ними в ЦЧО / И.Д. Брауде: М.: Наука, 1965. 140 с.
2. Бушков Н.Т. Начальный период возобновления гарей в Приобье / Н.Т. Бушков // Проблемы лесоводства и лесовосстановления на Алтае: тезисы докл. I Междунар. конф. (25-26 апреля 2001 г., г. Барнаул). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2001. С. 14- 16.
3. Винокуров Ю.И. Рациональное использование и охрана водных ресурсов Алтайского края / Ю.И. Винокуров, А.М. Малолетко, Ю.Н. Акуленко // Водные ресурсы Алтайского края, их режим и использование: сб. / Институт географии Сибири и дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1980. 103 с.
4. Винокуров Ю.И. Перераспределение водных ресурсов Алтайского края / Ю.И. Винокуров, Л.В. Воронин // Водные ресурсы Алтайского края, их режим и использование / Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1980. 103 с.
5. Ишутин Я.Н. Лесовосстановление на гарях в ленточных борах Алтая: монография / Я.Н. Ишутин. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. 114 с.
6. Луганский Н.А. Лесоведение: учебное пособие / Н.А. Луганский, С.В. Залесов, В.А. Щавровский / Урал. гос. лесотехн. академия. Екатеринбург, 1996. 373 с.
7. Лесной фонд. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 3. С. 668-671.
8. Маленко А.А. Корневая губка на Алтае – угроза лесовосстановлению / А.А. Маленко, Korhonen // Проблемы лесоводства и лесовосстановления на Алтае: тезисы докл. I междунар. конф. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2001. С. 118-119.
9. Моисеев Н.А. IX Мировой лесной конгресс: проблемы использования и воспроизводства лесных ресурсов в мире / Н.А. Моисеев, А.Н. Обливин // Лесной журнал. 1986. № 3. С. 129-134.
10. Мелехов И.С. Лесоведение: учебник для вузов / И.С. Мелехов. М.: МГУЛ, 1999. 398 с.
11. Мишенева В.Д. Создание однорядных полос на откосах противоэрозионных валов-ложбин / В.Д. Мишенева // Поч-

воводоохранное земледелие на сложных склонах. Новосибирск: Изд-во СО ВАСХНИЛ, 1983. С. 115-118.

12. Молчанова А.А. Лесные защитные насаждения /А.А. Молчанова, И.П. Сухарев, Н.А. Смирнов. М.: Сельхозиздат, 1963. С. 133-193.

13. Набатов Н.М. Лесоводство: учебное пособие / Н.М. Набатов. 2-е изд., испр. и доп. М.: МГУЛ, 2002. 192 с.

14. Овраги. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1973. Т 4. С. 369-374.

15. Парамонов Е.Г. Крупные лесные пожары в Алтайском крае / Е.Г. Парамонов, Я.Н. Ишутин. Барнаул, 1999. 193 с.

16. Пески. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1973. Т. 4.

17. Писаренко А.И. Глобальная деградация лесов и проблемы лесного хозяйства /А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. 1989. № 10. С. 5-10.

18. Родзевич Н.Н. Геоэкология и природопользование: учебник для вузов / Н.Н. Родзевич. М.: Дрофа, 2003. 256 с.

19. Смирнов Н.А. Пескоукрепительные лесные полосы и насаждения. Лесные защитные насаждения / Н.А.Смирнов. М.: Сельхозиздат, 1963. С. 133-193.

20. Семенов М.И. Проблемы лесного комплекса на Алтае: монография / М.И. Смирнов. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2004. 160 с.

21. Холявко В.С. Дендрология и основы зеленого строительства / В.С. Холявко, Д.А. Глоба-Михаленко. М.: Агропромиздат. 1988. 287 с.

22. Черных В.А. Технология искусственного лесовосстановления гарей в условиях южной части ленточных боров Алтая / В.А. Черных // Кулундинская степь: прошлое, настоящее, будущее: матер. III науч.-практ. конф. 24-27 июня 2003 г. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2003. С. 415-417.

23. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1964. С. 112-116.

Рекомендуемая литература

1. Авакян А.Б. Водохранилища / А.Б. Авакян, В.П. Салтанкин, В.А. Шарапов. М.: Мысль, 1987. 328 с.
2. Авакян А.В. Рациональное природопользование и охрана водных ресурсов: учебное пособие / А.В. Авакян, В.М. Широков. Екатеринбург: Виктор, 1994. 110 с.
3. Авраменко И.М. Природопользование: курс лекций для студентов вузов / И.М. Авраменко. СПб.: Лань, 2003. 128 с.
4. Акимова Т.А. Основы экоразвития: учебное пособие / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. М.: Изд-во Рос. эконом. академии, 1994. 312 с.
5. Воронцов А.П. Рациональное природопользование: учебное пособие / А.П. Воронцов. М.: ТАНДЕМ; ЭКМОС, 2000. 304 с.
6. Головнев А.Т. Особо охраняемые территории и памятники природы Алтайского района / А.Т. Головнев, В.Е. Мусохранов. Алтайское, 1997. 30 с.
7. Железняков Г.В. Инженерная гидрология и регулирование стока: учебник / Г.В. Железняков, Е.Е. Овчаров. М.: Колос, 1993. 464 с.
8. Иванов А.И. Гидрология и регулирование стока: учебник / А.И. Иванов, Т.А. Неговская. М.: Колос, 1979. 384 с.
9. Крицкий С.Н. Гидрологические основы управления речным стоком / С.Н. Крицкий, М.Ф. Менкель. Л.: Наука, 1981. С. 250.
10. Лесхоз. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 3. 692 с.
11. Лесопарк. Сельскохозяйственная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1972. Т. 3. 689 с.
12. Материалы к Государственному докладу о состоянии окружающей среды Алтайского края в 2000 году / под общ. ред. О.П. Дороженкова и Ю.И. Винокурова. Барнаул, 2001. С. 112.
13. Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик Л.: Гидрометеиздат, 1984. С. 248.

14. Мусохранов В.Е. Использование эродированных земель в Западной Сибири / В.Е. Мусохранов. М.: Россельхозиздат, 1983. 192 с.
15. Овчаров Е.Е. Практикум по инженерной гидрологии и регулированию стока: учебное пособие / Е.Е. Овчаров, Н.Н. Захаровская, Н.В. Прошляков и др. М.: Колос, 1995. 224 с.
16. Плешков Я.Ф. Регулирование речного стока. Водохозяйственные расчеты / Я.Ф. Плешков. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С. 560.
17. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 448 с.
18. Рахманов В.В. Гидрологическая роль леса / В.В. Рахманов. М.: Лесная промышленность, 1984. 242 с.
19. Смирнов Г.Н. Гидрология и гидротехнические сооружения: учебник / Г.Н. Смирнов, Е.В. Курлович, И.А. Витрешко, И.А. Малыгина; под ред. Г.Н. Смирнова. М.: Высшая школа, 1988. 472 с.
20. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский. Л.: Гидрометеиздат, 1972.
21. Строительные нормы и правила СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. М.: Стройиздат, 1985. С. 36.
22. Строительные нормы и правила СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2004.
23. Указания по расчету испарения с поверхности водоемов. Л.: Гидрометеиздат, 1969.
24. Чураков Д.С. Учебное пособие для выполнения расчетно-графических работ и практических заданий по инженерной гидрологии / Д.С. Чураков. Барнаул, 1990. 112 с.
25. Чураков Д.С. Характеристика основных элементов половодья рек Алтай и их взаимосвязь / Д.С. Чураков // Водные ресурсы Алтайского края, их рациональное использование и охрана: сб. Барнаул, 1978. С. 62-66.

Учебное издание

*Мусохранов Владимир Ефимович
Жачкина Татьяна Николаевна*

**ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ:
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО,
РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА**

Учебное пособие

Часть III

Редакторы: О.А. Самтынова, С.И. Тесленко
Технический редактор Н.В. Гаршина

ЛР № 020648 от 16 декабря 1997 г.

Подписано в печать 24.05.2007 г. Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов. Печать ризографная. Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 17. Уч.-изд. л. 12,9. Тираж 100 экз. Заказ № .

Издательство АГАУ
656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 98
62-84-26

Отпечатано в типографии ООО «АзБука»
Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД № 28-51 от 22.07.1999 г.
г. Барнаул, пр-т Красноармейский, 98а
тел. 62-91-03, 62-77-25
E-mail: azbuka@rol.ru